This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

L 90c 386.4

HARVARD
COLLEGE
LIBRARY

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

SECHSUNDVIERZIGSTER BAND.

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAIS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1863.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

46²

XLVI. BAND. II. ABTHEILUNG.

JAHRGANG 1862. — HEFT VI BIS X.

(Mit 15 Tafeln.)

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAIS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1863.

LSoc386.4

HAGERSTOWN JUNIOR COLLEGE LIBRARY

INHALT.

Seite

XVI. Sitzung vom 5. Juni 1862: Übersicht 3

Czermak, Notiz über die laryngoskopischen Photographien und über das Mikrostereoskop 5

Stefan, Über die Bewegung flüssiger Körper 8

XVII. Sitzung vom 20. Juni 1862: Übersicht 32

Brücke, Das Verhalten der sogenannten Protoplasmaströme in den Brennhaaren von *Urtica urens* gegen die Schläge des Magnetelektromotors 35

Boué, I. Über ein heftiges Gewitter zu Vöslau am 6. Juni 1862 39

— II. Entdeckung einiger Leithakalk-Petrefacten in den obersten Schichten der Kalkdolomit-Breccien Gainfahrns 41

XVIII. Sitzung vom 26. Juni 1862: Übersicht 43

Šubic, Grundzüge einer Molecularphysik und einer mechanischen Theorie der Elektricität und des Magnetismus 46

Rollett, Versuche und Beobachtungen am Blute. (Mit 1 Tafel.) 65

Rosenthal, Untersuchungen über Resorption und Absorption der Jodmittel 99

Mach, Über die Molecularwirkung der Flüssigkeiten 125

XIX. Sitzung vom 10. Juli 1862: Übersicht 135

Knochenhauer, Versuche zur Theorie des Condensators . . . 138

Mach, Zur Theorie der Pulswellenzeichner. (Mit 2 Tafeln.) . 157

Wiesner, Untersuchungen über das magnetische Verhalten einiger Cyanverbindungen des Eisens, Nickels und Kobalts 175

Tomsa, Beiträge zur Lymphbildung 185

Ludwig und Tomsa, Die Lymphwege des Hodens und ihr Verhältniss zu den Blut- und Samengefässen. (Mit 2 Tafeln in Farbendruck.) 221

Betz, Über den Blutstrom in der Leber, insbesondere den in der Leberarterie. (Mit 1 Tafel.) 238

XX. Sitzung vom 17. Juli 1862: Übersicht 255

Pfaundler, Beiträge zur Kenntniss einiger Fluorverbindungen . 258

Barth, Über die Einwirkung des Broms auf Glycerin 276

XXI. Sitzung vom 24. Juli 1862: Übersicht 284

Haidinger, Das Meteoreisen von Sarepta. (Mit 2 Tafeln.) . . 286

Seite

XXII. Sitzung vom 9. October 1862: Übersicht 299

Wöhler, I. Über die Bestandtheile des Meteorsteines von Bachmut in Russland 302

Haidinger, II. Die Meteoriten von Bachmut und von Paulowgrad, beide im Gouvernement Jekaterinoslaw 307

Weise, *Ad.* und *Wiesner*, Über das Verhalten des Kupferoxyd-Ammoniaks zur Stärke 311

XXIII. Sitzung vom 16. October 1862: Übersicht 320

Tomsa, Beiträge zur Anatomie des Lymphgefäss-Ursprunges. (Mit 1 Tafel.) 324

XXIV. Sitzung vom 23. October 1862: Übersicht 339

Blažek, Über Volumsbestimmungen mit Zuziehung der Schwerpunktstheorie 342

Tachau und *Fick*, Vorläufige Ankündigung einer Untersuchung über die Abhängigkeit der Muskelarbeit von der Stärke des Nervenreizes 350

Reitlinger und *Žerjau*, Über Schichtung durch Entladungsschläge der Leidner Batterie 352

XXV. Sitzung vom 6. November 1862: Übersicht 363

Reitlinger und Kraus, Über Brande's elektrochemische Untersuchungen 367

XXVI. Sitzung vom 13. November 1862: Übersicht 390

Haidinger, Die October-Feuermeteore in den Wiener Blättern 1862 393

XXVII. Sitzung vom 20. November 1862: Übersicht 400

Clausius, Über die Molecularbewegungen in gasförmigen Körpern 402

Kammerer, Die Licht-Intensitäts-Curven auf krummen Flächen. (Mit 2 Tafeln.) 405

Fritsch, Die Eisverhältnisse der Donau bei Wien. (Mit 2 Tafeln.) 413

Knochenhauer, Über Flüssigkeiten im elektrischen Strome. (I. Abtheilung.) 462

Tschermak, Einige Pseudomorphosen. (Mit 2 Tafeln.) . . . 483

Stefan, Über die Bewegung flüssiger Körper. (II. Abhandlung.) 495

XXVIII. Sitzung vom 4. December 1862: Übersicht 521

Murmann, Über die Bahn der Europa 524

Vlacovich, Sulla Scarica istantanea della bottiglia di Leyda . 531

XXIX. Sitzung vom 11. December 1862: Übersicht 572

Haidinger, Pseudomorphose von Glimmer nach Cordierit von Greinburg im Mühlkreise in Österreich ob der Enns . 575

XXX. Sitzung vom 18. December 1862: Übersicht 583

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLVI. BAND. I. HEFT.

Jahrgang 1862. — Juni.

(Mit 1 Tafel.)

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

WIEN.

AUS DER KAIS. KÖN. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN KOMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAISERL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

1862.

INHALT.

Seite

XVI. Sitzung vom 5. Juni 1862: Übersicht 3

Czermak, Notiz über die laryngoskopischen Photographien und über das Mikrostereoskop 5

Stefan, Über die Bewegung flüssiger Körper 8

XVII. Sitzung vom 20. Juni 1862: Übersicht 32

Brücke, Das Verhalten der sogenannten Protoplasmaströme in den Brennhaaren von *Urtica urens* gegen die Schläge des Magnetelektrometers 35

Boué, I. Über ein heftiges Gewitter zu Vöslau am 6. Juni 1862 39

— II. Entdeckung einiger Leithakalk-Petrefacten in den obersten Schichten der Kalkdolomit-Breccien Gainfahrns 41

XVIII. Sitzung vom 26. Juni 1862: Übersicht 43

Šubic, Grundzüge einer Molecularphysik und einer mechanischen Theorie der Elektricität und des Magnetismus 46

Redtel, Versuche und Beobachtungen am Blute. (Mit 1 Tafel.) 65

Rosenthal, Untersuchungen über Resorption und Absorption der Jodmittel 99

Mach, Über die Molecularwirkung der Flüssigkeiten 125

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLVI. BAND.

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

XVI. SITZUNG VOM 5. JUNI 1862.

Herr Prof. Dr. Aug. Em. Reuss übermittelt eine Abhandlung: „Die Foraminiferen-Familie der Lagenideen, monographisch dargestellt".

Herr Dr. M. A. F. Prestel in Emden übersendet eine Abhandlung, welche den Titel führt: „Die Windesrichtungen ausgedrückt durch algebraische Formeln, sowie Anwendung der letzteren einerseits zu einer genauen und zugleich übersichtlichen Darstellung der Vertheilung der Winde über dem Atlantischen Ocean in der vom Äquator nach den beiden Angelpunkten der Erde gehenden Richtung sowie ihrer jährlichen periodischen Verschiebung, andererseits zu einer naturgemässen Gliederung der Windesgebiete in der Zone der veränderlichen Winde".

Herr Lambert v. West, Studirender am hiesigen k. k. polytechnischen Institute, überreicht eine Abhandlung über ein „neues Princip für Schiffdampfmaschinen".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Impériale de Médecine, Mémoires. Tome XXIV. Paris, 1860; Tome XXV, 1re partie. Paris, 1861; 4°. — Bulletin. Tomes XXV & XXVI. Paris, 1859—1861; 8°.

Akademie der Wissenschaften, königl. bayer. zu München, Sitzungsberichte. 1861. II. Heft. 3. München, 1861; 8°.

Annalen der Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Friedr. Wöhler, J. Liebig und Herm. Kopp, N. R. Band XLV, Heft 3; Band XLVI, Heft 1 & 2. Leipzig und Heidelberg, 1862; 8°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1361. Altona, 1862; 4°.

Austria, XIV. Jahrgang, XXI. & XXII. Heft. Wien, 1862; 8°.

Berlin, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1861—1862. Berlin; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, Tome LIV, No. 17 & 18. Paris, 1862; 4°.

Cosmos, XIe Année, 20e Vol., 21e & 22e Livraison. Paris, 1862; 8°.

Enzmann, Karl, Die Specialgesetze der Ernährung sämmtlicher Organismen und ihre sehr wesentlichen Beziehungen zur Pathologie und Therapie im allgemeinen Grundgesetz: Cc Hh Oo Nn + pO = qCO_2 + rHO + sNH_3. Dresden, 1862; 8°.

Eröffnung, Die feierliche, des pathologisch- anatomischen und chemischen Institutes im k. k. allgemeinen Krankenhause am 24. Mai 1862. Wien; 8°.

Gesellschaft, königl. physikalisch-ökonomische, zu Königsberg, Schriften. II. Jahrgang 1861. I. Abth. Königsberg, 1861; 4°.

— physikalisch-medicinische zu Würzburg. Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift. II. Band, 3. (Schluss-) Heft. Würzburg, 1861; 8°. — Würzburger medicinische Zeitschrift. III. Band, 1. Heft. Würzburg, 1862; 8°.

Göttingen, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1861—1862. Berlin, Göttingen, Leipzig; 4° & 8°.

Greifswald, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1861—1862. Braunschweig & Greifswald; 4° & 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, herausgegeben von G. F. Walz und F. L. Winckler. Band XVII, Heft 3. Heidelberg, 1862; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XII. Jahrg. Nr. 16. Wien, 1862; kl. 4°.

Mittheilungen des k. k. Genie-Comité, Jahrgang 1862. VII. Band, 1. Heft. Wien, 1862; 8°.

Société Impériale d'émulation d'Abbeville, Mémoires. 1857, 1858, 1859 & 1860. Abbeville, 1861; 8°.

Wiener medicinische Wochenschrift, XII. Jahrgang, Nr. 21 & 22. Wien, 1862; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft, XI. Jahrgang, Nr. 16. Gratz, 1862; 4°.

Zeitschrift für Chemie und Pharmacie von E. Erlenmeyer, V. Jahrgang, Heft 6—8. Heidelberg, 1862; 8°.

— des österreichischen Ingenieur-Vereines, XIV. Jahrgang, 3. & 4. Heft. Wien, 1862; 4°.

Notiz über die laryngoskopischen Photographien und über das Mikrostereoskop.

Von dem c. M. Johann Czermack, in Prag.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 3. April 1862.)

Die lebensgrossen stereoskopischen Photographien des Kehlkopfes, welche ich, als die ersten Proben einer neuen Verwerthung der Photographie für wissenschaftliche Zwecke, der geehrten Classe schon im vorigen Jahre (vgl. die Sitzungsber. vom 7. November 1861) eingesendet hatte, waren in der Art hergestellt worden, dass von den ursprünglichen, in verkleinertem Massstab aufgenommenen negativen Matrizen, durch eine abermalige photographische Aufnahme vergrösserte positive Lichtbilder erzeugt wurden.

Bei dieser Vergrösserung, welche mit einer ziemlich umständlichen Manipulation verbunden war, da immer eine besondere Camera zusammengesetzt werden musste, ging oft ein merklicher Theil der überraschenden Schärfe der ursprünglichen Aufnahmen verloren. Ich kam daher auf den Gedanken, die positiven Bilder in verkleinertem, fast mikroskopischem Massstabe aufnehmen zu lassen, damit an Schärfe des Details eher noch gewonnen werde und das gewöhnliche einfache photographische Geräthe und Verfahren in Anwendung kommen könne.

Auf diese Weise entstanden sehr kleine, aber überaus scharfe und zierliche transparente Photographien des Kehlkopfes, welche mit einer stark vergrössernden Loupe betrachtet, das Detail der Zeichnung vollkommen deutlich erkennen liessen.

Der Bequemlichkeit wegen wurde die Linse oder Loupe in eine röhrenförmige Hülse gefasst, an deren Ende die zu betrachtende Photographie befestigt werden konnte.

Um nun aber auch den stereoskopischen Effect zweier zusammengehörigen Kehlkopfphotographien beobachten zu können, liess ich zwei solche röhrenförmige Hülsen anfertigen und mit gleich starken Linsen versehen. Das eine der beiden Bilder wurde in die

erste, das andere in die zweite Hülse gesteckt. Da die Linsen dieselbe Brennweite haben, so erschienen beide Bilder in gleichem Masse vergrössert.

Ich hielt nun die erste Hülse vor das eine, die zweite vor das andere Auge und bot auf diese Weise jedem Auge das entsprechende Bild dar.

Bei der richtigen Stellung und Neigung der beiden Hülsen kamen die Bilder zur Deckung und erzeugten eine lebensgrosse vollkommen plastische Ansicht des Kehlkopfes, welche an Naturwahrheit kaum noch etwas anderes als allenfalls die natürliche Farbe und Beweglichkeit der Theile vermissen liess.

Um die Hülsen nicht mit den Fingern vor den Augen fixiren zu müssen, befestigte ich dieselben an eine Handhabe mit zwei Armen, welche wie Branchen eines Zirkels articulirten.

So entstand für meine verkleinerten Larynxphotographien ein eigener, sehr compendiöser stereoskopischer Apparat, welcher von den gewöhnlichen Stereoskopen darin wesentlich abweicht, dass bei demselben die Deckung der Bilder weder durch Prismen oder prismatische Linsen, noch durch Spiegel u. dgl. bewerkstelligt wird, sondern, wie beim freien stereoskopischen Sehen, durch unmittelbare Einstellung der Augenaxen auf die einzelnen Bilder, aber unter künstlicher Correction des Accommodationszustandes der Augen vermittelst Loupen oder einfacher Mikroskope.

Ich nenne desshalb den Apparat das „Mikrostereoskop". Zur Erläuterung desselben erlaube ich mir noch folgende beiläufige Bemerkungen hinzuzufügen.

Bekanntlich ist jeder Geübte im Stande, ohne irgend eine Vorrichtung die stereoskopischen Doppelbilder in der Art zu fixiren, dass sie sich decken und dass sie — wie bei der Betrachtung durch ein Stereoskop — den vollen plastischen Effect erzeugen.

Dies geschieht in der Weise, dass man den Durchkreuzungspunkt der Augenaxen in eine entsprechende Entfernung vor oder hinter die Bildebene verlegt.

Dabei kann man aber — da sich der Accommodationsapparat der Augen unwillkürlich für jene Entfernung einstellt, in welcher sich der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen befindet — die Bilder nicht eher ganz deutlich sehen, als bis es gelingt, den gesetzmässigen, gewohnten Zusammenhang zwischen Accommodation und

Convergenzwinkel der Sehaxen [1]) zu zerreissen und in dem ersten Falle für eine grössere, in dem zweiten für eine kleinere Distanz zu accommodiren als jene ist, für welche sich die Augen bei dem gegebenen Convergenzwinkel unwillkürlich einstellen würden.

Die Hauptschwierigkeit dieses freien stereoskopischen Sehens liegt eben in der willkürlichen Trennung des functionellen Zusammenhanges zwischen Accommodation und Convergenzwinkel der Sehaxen und kann nur durch grosse Übung und Anstrengung oder durch eine künstliche Correction der Accommodation vermittelst passender Zerstreuungs- oder Sammellinsen überwunden werden [2]).

Das Stereoskopiren mit dem Mikrostereoskop ist nun einfach jener specielle Fall dieses freien stereoskopischen Sehens mit künstlicher, optischer Correction, bei welchem der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen weit hinter der (knapp vor den Augen befindlichen) Bildebene liegt, während die Augen ohne ihren Accommodationszustand ändern zu müssen, durch die vorgesetzten Loupen die in unmittelbarster Nähe befindlichen winzig kleinen Bilder deutlich und stark vergrössert wahrnehmen.

Die Vergrösserung der stereoskopischen Ansicht erscheint übrigens um so bedeutender, je kleiner der Convergenzwinkel der Augenaxen wird, unter welchem die Combination der Einzelbilder stattfindet.

---

[1]) Als mathematischen Ausdruck für diesen functionellen Zusammenhang habe ich in meinen physiologischen Studien (s. Sitzungsber. 1854, Bd. XII, pag. 322, §. 3) die Formel entwickelt:

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(d+l-r)\,(d-l+r)}{4\,r\,.\,l}}$$

α ist der Convergenzwinkel der Augenaxen, d = Abstand der Drehpunkte von einander, l = Entfernung für welche das linke, r = Entfernung für welche das rechte Auge accommodirt ist.

Für den speciellen Fall, wenn der Kreuzungspunkt der Sehaxen in der Medianlinie liegt, so dass $l = r$ ist, nimmt der obige Ausdruck eine sehr einfache Form an, nämlich:

$$\sin.\frac{\alpha}{2} = \frac{d}{2l}$$

[2]) Vgl. Panum: Physiologische Untersuchungen über das Sehen mit zwei Augen. Kiel, 1858, pag. 2.

Über die Bewegung flüssiger Körper.

Von dem c. M. J. Stefan.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 22. Mai 1862.)

I. Über die Reibung in Flüssigkeiten.

Die analytische Mechanik geht bei ihren Untersuchungen über das Gleichgewicht und die Bewegung der Körper von idealen Zuständen derselben aus. Die festen betrachtet sie als absolut starr, die flüssigen wieder extrem als solche, deren einzelne Theile absolut leicht gegen einander verschiebbar sind und nur durch die nach allen Seiten gleichmässige Fortpflanzung des Druckes in Wechselwirkung zu einander stehen. Sobald es sich jedoch um Erscheinungen handelt, welche bei festen Körpern wesentlich oder einzig von der relativen Verschiebbarkeit der einzelnen Theile abhängen, muss die Mechanik der starren Systeme durch die Theorie der Elasticität ergänzt werden. Ähnlich verhält es sich mit den Flüssigkeiten, namentlich bei jenen Bewegungsphänomenen, für deren Gestaltung die Einflüsse der Adhäsion der bewegten Flüssigkeit an der sie begrenzenden festen Wand sowohl als auch der Cohäsion der Flüssigkeitstheile unter sich massgebend sind, welche Einflüsse daher, wenn man diesen Erscheinungen rechnend folgen will, nicht vernachlässigt werden dürfen.

Zuerst hatten die Vorgänge, welche beim Strömen von Flüssigkeiten in Röhren auftreten, eine Vervollständigung der hydrodynamischen Gleichungen, eine der Wirklichkeit näher stehende Theorie gefordert. Man war hier zuerst genöthigt von Widerständen der Bewegung zu reden und ihren Grund in den Einflüssen der Wand, in der Zähigkeit der Flüssigkeiten zu suchen. Schon Newton hatte bei Betrachtung der Strömungserscheinungen an die Stelle der Hypothese einer absolut leichten Verschiebbarkeit die Annahme gesetzt, dass zur relativen Verschiebung zweier Schichten einer Flüssigkeit eine gewisse Kraft erforderlich sei, dass somit ungleich schnell

bewegte Flüssigkeitsschichten einander wechselweise in ihren Bewegungen beschleunigend oder verzögernd beeinflussen. Er nannte diese Wechselwirkung Reibung der Flüssigkeitsschichten unter einander, führte dieselbe zugleich auf ein bestimmtes Mass zurück und ermöglichte dadurch die Aufnahme derselben in die Rechnung. Er nahm an, dass die Grösse der Reibung, d. h. die Grösse der Beschleunigung der langsameren durch die schnellere oder die Grösse der dem absoluten Werthe nach gleichen Verzögerung der schnelleren durch die langsamere von zwei über einander gleitenden Schichten proportional sei der Berührungsfläche der beiden Schichten und der Differenz ihrer Geschwindigkeiten.

Dieses Princip lässt sich sowohl in dem Falle zur Anwendung bringen, wenn es sich um zwei sich berührende Schichten einer und derselben Flüssigkeit handelt, als auch dann, wenn die sich berührenden Schichten heterogenen Flüssigkeiten angehören, oder eine der beiden durch eine feste Wand vertreten ist. Nur ist die Art der Anwendung des Princips in den drei Fällen wenigstens scheinbar eine verschiedene. Nur in den beiden letzteren Fällen kommt es unmittelbar in der oben ausgesprochenen Form in Gebrauch. Handelt es sich aber um zwei Nachbarschichten einer und derselben Flüssigkeit, in welcher die Geschwindigkeit von Punkt zu Punkt continuirlich sich ändernd angenommen werden muss, so nimmt man nach der gewöhnlichen Methode der Differentialrechnung den Abstand der beiden Schichten gleich dem Differential einer gegen dieselben normalen Linie und erhält demgemäss auch den Unterschied ihrer Geschwindigkeiten gleich dem Differentiale der Geschwindigkeitsfunction nach dieser Normale. Nicht diesem Differentiale sondern dem Differentialquotienten der Geschwindigkeit proportional ist die Grösse der Reibung zu setzen. Denn die Differentiale sind Rechnungsgrössen und nur ihr Verhältniss kann gleich gesetzt werden dem zwischen der wirklichen Geschwindigkeitsdifferenz und dem wirklichen Abstande der Schichten. Letzterer muss aber in den Proportionalfactor mit einbezogen gedacht werden.

Obwohl durch die von Newton gegebene Bestimmung der Reibung diese hinlänglich definirt ist, um der Rechnung unterzogen werden zu können, so wird es doch gut sein, zu untersuchen, welche Vorstellung man sich von dem Wesen derselben zu bilden habe. Handelt es sich um Reibung zwischen festen Körpern, so fassen wir

darunter sehr mannigfaltige und von Fall zu Fall verschiedene Vorgänge zusammen. Die Reibung in Flüssigkeiten dürfte eher eines einheitlichen Ursprunges sein. Die Untersuchung über das Wesen derselben ist auch desshalb von grösserer Wichtigkeit, weil sie zu Aufschlüssen über die innere Constitution der Flüssigkeiten führen kann.

Navier ist zuerst in seinem *mémoire sur les lois du mouvement des fluides* [1]) von einer bestimmten Hypothese über die Natur der Reibung ausgegangen. Er stellte das Princip auf, dass die abstossenden Kräfte zwischen den Molekülen der Flüssigkeit durch die Bewegung geändert werden und zwar vergrössert oder vermindert um eine der Geschwindigkeit, mit der die Moleküle einander sich nähern oder von einander entfernen, proportionale Grösse. Von dieser Hypothese ausgehend, gelangt er zu denselben Gleichungen, welche wir unter Voraussetzung des Newton'schen Principes erhalten werden und die wenigstens annäherungsweise als die richtigen angesehen werden müssen. Die Hypothese selbst entbehrt aber jeder innern Wahrscheinlichkeit insoferne nämlich, als sie als letzter erklärender Grund angesehen werden soll. Denn sonst ist sie ja gewissermassen nur ein anderer Ausdruck des Newton'schen Princips. Man erinnert sich an die ähnliche von so schönen Erfolgen gekrönte Weber'sche Correction des elektrostatischen Anziehungsgesetzes, doch auch für diese spricht nur der Erfolg. Ein Grund für dieselbe könnte darin gesucht werden, dass man die Molecularactionen mit bestimmten Geschwindigkeiten sich fortpflanzend denkt, doch eher dürften mit diesen die Geschwindigkeiten der strömenden Elektricitäten vergleichbar sein, die gewöhnlich vorkommenden relativen Geschwindigkeiten zweier Moleküle einer Flüssigkeit sicher nicht.

Innere Reibung findet nicht blos in tropfbaren sondern auch in ausdehnsamen Flüssigkeiten Statt. Sie ist nach den Versuchen von Stokes [2]) und Meyer [3]) in den letzteren gar nicht unbedeutend gegen die Reibung in ersteren. Die namentlich von Clausius ausgebildete Hypothese über die Constitution der Gase, nach welcher die Moleküle in einem solchen sich nach allen möglichen Richtungen

---

[1]) Mém de l'acad. des sciences. 1822. VI. 390.
[2]) Cambridge, Transact. IX. 8. Phil. Mag. (4) I. 337.
[3]) Poggendorff's Annalen. CXIII. 383.

sehr rasch progressiv bewegen und beim Aneinanderprallen wie elastische Körper sich verhalten, gibt auch von dem Wesen der inneren Reibung eine bestimmte, der Berechnung zugängliche Vorstellung. Denken wir uns durch das Gas eine Ebene gelegt, welche zwei parallel zu dieser Ebene in gleicher Richtung aber mit ungleichen Geschwindigkeiten bewegte Schichten trennt. Die Moleküle bewegen sich in beiden Schichten nach allen möglichen Richtungen, nur sind die mittleren Componenten der Geschwindigkeit im Sinne der gemeinschaftlichen Bewegung der beiden Schichten grösser, als die nach anderen Richtungen geschätzten mittleren Componenten und zwar ungleich grösser für die beiden Schichten. Aus der langsameren Schichte treten fortwährend Moleküle in die schneller bewegte und umgekehrt, oder die beim Übertritte an einander prallenden Moleküle tauschen ihre Geschwindigkeiten aus. Die der gemeinschaftlichen Bewegungsrichtung parallele mittlere Componente der Moleculargeschwindigkeit in der langsameren Schichte erhält dadurch in jeder Zeiteinheit einen Zuwachs, dieselbe Componente in der schnelleren Schichte erleidet gleichzeitig eine ebenso grosse Abnahme, welche der Differenz der beiden Componenten proportional ist, oder die langsamere Schichte erhält von der schnelleren eine ihrer Geschwindigkeitsdifferenz proportionale Beschleunigung und umgekehrt.

Man kann nun diese zunächst für Gase gemachte von Maxwell[1]) auch zur Berechnung der Reibung benützte Vorstellung auch auf tropfbare Flüssigkeiten übertragen. Es ist wahrscheinlich, dass auch in einer ruhenden tropfbaren Flüssigkeit die einzelnen Moleküle keine bestimmten Plätze einnehmen, ja auch nicht um fixe Gleichgewichtslagen oscilliren. Die Moleküle befinden sich in sehr raschen Bewegungen, nur werden die mittleren Wege, welche von den einzelnen von einem Zusammenstosse bis zum nächsten gemacht werden, sehr kurze sein. Zu dieser Annahme zwingt die geringe Zusammendrückbarkeit der tropfbaren Flüssigkeiten. Dies hindert jedoch nicht, dass in längerer Zeit ein Molecül sehr weit wandere. Für solche Wanderungen spricht das Stattfinden der Diffusion tropfbarer Flüssigkeiten, die Langsamkeit jedoch mit der diese vor sich geht, andererseits wieder für die Kürze der mittleren Wege der Moleküle.

[1]) Philosophical Magazine. XIX. 19.

Die Anschauung, welche die neue Theorie der Gase von der Diffusion derselben gibt, lässt sich freilich nicht unbedingt auch auf die Diffusion tropfbarer Flüssigkeiten übertragen, weil von letzteren nicht alle diffundiren. Die Actionen zwischen den Molekülen namentlich heterogener Flüssigkeiten dürften nicht nur in vielen Fällen nicht als nebensächlich vernachlässigt werden, sondern spielen geradezu die Hauptrolle. Dagegen ist aber noch zu bemerken, dass zur Erklärung der Reibung in der oben angedeuteten Weise die Annahme eines Übertrittes von Molekülen aus einer Schichte in die andere gar nicht nothwendig ist und der blosse Zusammenstoss der Moleküle der beiden Nachbarschichten denselben Effect hervorbringt. Dadurch ist die Anwendung dieser Hypothese auch für Schichten zweier nicht diffundirender Flüssigkeiten und für die Reibung zwischen einer Flüssigkeit und einem festen Körper möglich.

Diese Hypothese der Geschwindigkeitsmischung führt aber zu einer Schlussfolgerung, welche mit den Thatsachen nicht in Übereinstimmung steht. Aus ihr folgt nämlich, dass der Geschwindigkeitsaustausch zwischen zwei Schichten um so rascher erfolgen müsse, je schneller die den Molekülen eigenthümlichen Bewegungen vor sich gehen. Wenn man nun durch die lebendige Kraft dieser Bewegungen die Temperatur der Flüssigkeit misst, so folgt daraus eine Zunahme der inneren Reibung bei steigender Temperatur der Flüssigkeit, gerade so wie die nach denselben Principien von Maxwell und Clausius bearbeitete Theorie der Wärmeleitung in Gasen eine Zunahme des Leitungsvermögens mit der Temperatur liefert. Die aus Versuchen abgeleiteten Werthe der Reibung für verschiedene Flüssigkeiten und für verschiedene Temperaturen lehren aber gerade das Gegentheil, dass die Reibung mit wachsender Temperatur sehr schnell abnimmt. Wenigstens für tropfbare Flüssigkeiten ist es durch die Versuche von Poiseuille, Hagen, Meyer und anderen dargethan worden. Wie es sich mit den Gasen verhält, lässt sich aus den wenigen bisher gemachten Versuchen nicht schliessen. Jedenfalls wäre eine Untersuchung in der Richtung geeignet, für oder gegen die neue Theorie der Gase ein wichtiges Wort zu reden.

Für tropfbare Flüssigkeiten wird jedoch noch folgender Umstand zu berücksichtigen sein. Wenn wir uns jedes Molekül aus einem ponderablen Kerne und einer ihn umhüllenden Ätherspähre bestehend

denken, so können wir von den Molekülen einer tropfbaren Flüssigkeit annehmen, dass sie sich so nahe an einander befinden, dass sich ihre Äthersphären theilweise durchdringen. Desshalb brauchen die Moleküle noch keine fixen Positionen einzunehmen, sondern können beliebig sich gegen einander bewegen. Das Gesagte gilt dann für ihre mittleren Lagen. Denken wir uns aber zunächst zwei ruhende Moleküle und ertheilen einem derselben eine bestimmte Geschwindigkeit. Wie dieses seine Bewegung antritt, muss es seine Äthersphäre von der des Nachbars losreissen und theilt diesem dadurch Geschwindigkeit in seiner Richtung mit. Gleichzeitig kommen aber beide Moleküle in drehende Bewegungen um Axen, welche zur gemeinschaftlichen Richtung der progressiven Bewegungen senkrecht stehen. Die Reibung besteht daher nicht blos in einer Mittheilung der progressiven Bewegung von einer Schichte zur andern, sondern gleichzeitig auch in einer Umsetzung der progressiven Bewegung in eine drehende der Moleküle. Dies ist um so bemerkenswerther, als die aus dem Newton'schen Principe abgeleiteten hydrodynamischen Gleichungen eine Transformation zulassen, welche lehrt, dass in Flüssigkeiten, in denen Reibung zwischen einzelnen Schichten stattfindet, Drehungen der kleinsten Theile nothwendige Begleiter jeder Bewegung sind und der Einfluss der Reibung umgekehrt durch diese Drehungen bestimmt werden kann. Doch wäre es zu umständlich, diese Hypothese zum Ausgangspunkte der Rechnung zu machen. Letztere steht auf der Grundlage des Newton'schen Principes allein sicherer, wenn dieses gewissermassen als Erfahrungssatz aufgestellt werden kann.

II. Analytische Bestimmung der Reibung in Flüssigkeiten.

Fasst man die Reibung in Flüssigkeiten als eine Folge der Cohäsion derselben auf, so kann eine besondere Untersuchung dieser Cohäsionswirkung überflüssig erscheinen, da die Theorie der Elasticität der festen Körper es mit einem ähnlichen Problem zu thun hat, und die Ergebnisse derselben auf flüssige Körper übertragen werden könnten. Doch besteht zwischen den beiden Fällen ein wesentlicher Unterschied. In festen Körpern befinden sich im Normalzustande die einzelnen Theile, Moleküle, in Positionen des stabilen Gleichgewichtes oder schwingen um solche. Die Theorie der Elasticität beschränkt sich auf die Betrachtung sehr kleiner Verschiebungen aus diesen

Positionen, jedes Molekül behält während und nach den in Betracht kommenden Deformationen des Körpers dieselben Nachbarn, im Zusammenhange derselben tritt keinerlei Störung ein. Der Widerstand, welchen die einzelnen Theile eines festen Körpers relativen Verschiebungen entgegensetzen, ist lediglich eine Folge der Stabilität ihrer relativen Lagen. Der als Reibung bezeichnete Widerstand gegen die Verschiebungen der einzelnen Theile einer Flüssigkeit ist aber ganz andern Ursprungs. Er äussert sich nur so lange, als die relativen Positionen der einzelnen Theilchen sich ändern. Ist die gegenseitige Lage der Moleküle eine andere geworden, so treibt dieselben keine Kraft in ihre früheren Orte. Während der Bewegung der Flüssigkeit erhält ein Theilchen derselben im allgemeinen immer andere und andere Nachbarn, die relativen Verschiebungen werden sehr gross. Daher kommt es, dass nicht diese selbst, sondern nur ihre auf eine bestimmte Zeit entfallenden Werthe in Betracht kommen. Während die Theorie der Elasticität auf dem Hooke'schen Fundamentalsatze: *ut tensio sic vis*, die Kraft ist der relativen Verschiebung proportional, ruht, lehnt sich die Theorie der Bewegung der Flüssigkeiten auf das verwandte Newton'sche Princip: Die Kraft ist der relativen Geschwindigkeit proportional.

Die Ähnlichkeit der den beiden Theorien zu Grunde gelegten Principe bedingt natürlich auch eine Ähnlichkeit in der Art ihrer Entwickelung, und ich will diese Ähnlichkeit in der folgenden Darstellung auch vollständig hervortreten lassen.

Wir können die Reibung in der Flüssigkeit, wie die Spannung in einem festen elastischen Körper als Flächenkraft betrachten und in jedem Punkte der Flüssigkeit Reibungen für bestimmte Ebenen unterscheiden. Legen wir durch einen beliebigen Punkt im Innern der bewegten Flüssigkeit eine Ebene und schneiden aus dieser ein kleines Stückchen aus, dessen Schwerpunkt der gewählte Punkt sein mag. Die Flüssigkeitstheile diesseits und jenseits dieses Flächenstückchens werden in Folge vorhandener Geschwindigkeitsunterschiede beschleunigend und verzögernd auf einander wirken mit Kräften, ihrer Grösse nach abhängig von der Grösse des gewählten Flächenstückchens, ihrer Grösse und Richtung nach abhängig von den vorhandenen Geschwindigkeitsabstufungen. Diese Kräfte werden von Punkt zu Punkt des angenommenen Flächenstückchens verschieden sein, wird aber dieses unendlich klein vorausgesetzt, so kann

man innerhalb desselben die Kräfte als constant betrachten sowohl der Grösse als auch der Richtung nach. Denken wir uns alle Actionen summirt, welche die auf einer Seite des Flächenstückchens liegenden Theilchen angreifen, und die Summe durch die Grösse des Flächenstückchens dividirt, so gibt der Quotient den auf die Flächeneinheit entfallenden Betrag jener Kräfte. Dieser soll Reibung in dem betrachteten Punkte für die gewählte Ebene heissen. Die Grösse und Richtung dieser Reibung wird abhängig sein von der Lage des gewählten Punktes und zugleich von der Lage der gewählten Ebene. Zerlegen wir die Reibung in drei zu den Coordinatenaxen parallele Componenten, so werden diese als Functionen der Coordinaten des Punktes und der Winkel, welche die Normale zur gewählten Ebene mit den drei Coordinatenaxen bildet, betrachtet werden müssen.

Nennen wir die Normale zu dieser Ebene n, so soll die dieser Ebene zugehörige Reibung N heissen. Ihre nach der Richtung r geschätzte Componente werde dadurch bezeichnet, dass an N der Index r angefügt wird. Sie ist also N_r. Demnach bedeuten X, Y, Z die Reibungen in dem gewählten Punkte für drei zu den Coordinatenaxen x, y, z normale Ebenen, X_x Y_x Z_x X_y Y_y Z_y X_z Y_z Z_z ihre nach diesen Axen geschätzten Componenten.

Um die Beziehungen, welche zwischen den Reibungen für verschiedene Ebenen in einem und demselben Punkte stattfinden, und zugleich die Grössen der Beschleunigungen, welche von den Reibungen einem Flüssigkeitstheilchen ertheilt werden, zu finden, will ich von der durch Cauchy in die Theorie der Elasticität eingeführten Betrachtung eines elementaren Tetraëdres und zwar noch in ausgedehnterem Masse Gebrauch machen. In dem Punkte x, y, z sollen drei zu den Coordinatenaxen parallele Kanten a, b, c eines sehr kleinen Tetraëders zusammenstossen. Die drei durch diesen Punkt gehenden Seitenflächen sind daher parallel zu den Coordinatenebenen. Die vierte Fläche mag gegen diese beliebig geneigt sein. Die vom Punkte x, y, z auf diese Fläche gefällte Normale, die Höhe des Tetraëders, soll s heissen und mit den Axen x, y, z Winkel bilden, deren Cosinuse m, n, p sind. Dann ist:

$$s = ma = nb = pc \qquad (1)$$

Bezeichnet man mit σ den Inhalt der schiefen Fläche, so ist:

$$\frac{bc}{2} = m\sigma, \quad \frac{ac}{2} = n\sigma, \quad \frac{ab}{2} = p\sigma. \qquad (2)$$

Die Coordinaten der Schwerpunkte der 4 Flächen $\frac{bc}{2}$, $\frac{ac}{2}$, $\frac{ab}{2}$, o sind:

$$\frac{b}{3}, \frac{c}{3}; \quad \frac{c}{3}, \frac{a}{3}; \quad \frac{a}{3}, \frac{b}{3}; \quad \frac{a}{3}, \frac{b}{3}, \frac{c}{3}.$$

Die Reibungen im Punkte x, y, z für die zu den Richtungen x, y, z, s normalen Ebenen bezeichnen wir mit X, Y, Z, S. Für die Tetraëderflächen sollen in ihren Schwerpunkten die Reibungen X', Y', Z', S' sein. Führen wir die symbolischen Bezeichnungen

$$\begin{aligned}
\delta_x &= \frac{b}{3}\frac{\partial}{\partial y} + \frac{c}{3}\frac{\partial}{\partial z} \\
\delta_y &= \frac{c}{3}\frac{\partial}{\partial z} + \frac{a}{3}\frac{\partial}{\partial x} \\
\delta_z &= \frac{a}{3}\frac{\partial}{\partial x} + \frac{b}{3}\frac{\partial}{\partial y} \\
\delta &= \frac{a}{3}\frac{\partial}{\partial x} + \frac{b}{3}\frac{\partial}{\partial y} + \frac{c}{3}\frac{\partial}{\partial z}
\end{aligned}$$

ein, so haben wir die Taylor'sche Formel verwendend.

$$\begin{aligned}
X' &= X + \delta_x X \\
Y' &= Y + \delta_y Y \\
Z' &= Z + \delta_z Z \\
S' &= S + \delta S.
\end{aligned} \qquad (3)$$

Diese vier Gleichungen vertreten die Stelle von zwölf, indem für jede der nach den Coordinatenaxen geschätzten Reibungscomponenten eine derartige Gleichung gilt. Diese zwölf Gleichungen erhält man aus den vier voranstehenden, wenn man jede der darin vorkommenden Grössen, nicht aber die Symbole, nach einander mit den Zeigern x, y, z versieht.

Die in dem Tetraëder befindliche Flüssigkeit erhält von den Reibungen an den Flächen desselben eine gewisse Beschleunigung. Die Componenten derselben seien f_x, f_y, f_z. Ist ρ die Dichte der Flüssigkeit, so ist $\frac{\rho\sigma s}{3}$ die im Tetraëder enthaltene Masse. Multiplicirt man mit dieser die drei Componenten der Beschleunigung, so erhält man die aus der Reibung hervorgehenden beschleunigenden Kräfte. So ist die zur Axe x parallele Componente

$$\frac{\rho\sigma s}{3} f_x = \sigma S_x - \frac{bc}{2} X'_x - \frac{ac}{2} Y'_x - \frac{ab}{2} Z'_x,$$

oder mit Rücksicht auf die Gleichungen (2) und (3)

$$\frac{\rho s}{3} f_x = S_x - (mX_x + nY_x + pZ_x) + \delta S_x - (m\delta_x X_x + n\delta_y Y_x + p\delta_z Z_x) \quad (4)$$

Da die beschleunigende Kraft und die mit den Operationszeichen δ versehenen Glieder unendlich kleine Grössen erster Ordnung repräsentiren, so gibt diese Gleichung bei Vernachlässigung derselben

$$S_x = mX_x + nY_x + pZ_x.$$

Zwei ähnliche Gleichungen erhalten wir für S_y und S_z durch Betrachtung der beiden anderen Componenten der beschleunigenden Kraft, so dass wir folgende drei Relationen besitzen

$$\begin{aligned} S_x &= mX_x + nY_x + pZ_x \\ S_y &= mX_y + nY_y + pZ_y \\ S_z &= mX_z + nY_z + pZ_z. \end{aligned} \quad (5)$$

Unter Berücksichtigung der ersten dieser Gleichungen geht (4) über in

$$\frac{\rho s}{3} f_x = m(\delta - \delta_x) X_x + n(\delta - \delta_y) Y_x + p(\delta - \delta_z) Z_x.$$

Aus der Bedeutung der Symbole δ und den Gleichungen (1) findet man leicht

$$m(\delta - \delta_x) = \frac{s}{3} \frac{\partial}{\partial x}, \quad n(\delta - \delta_y) = \frac{s}{3} \frac{\partial}{\partial y}, \quad p(\delta - \delta_z) = \frac{s}{3} \frac{\partial}{\partial z}$$

somit bleibt

$$\rho f_x = \frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial Y_x}{\partial y} + \frac{\partial Z_x}{\partial z}.$$

Zwei ähnliche Gleichungen erhält man für ρf_y und ρf_z. Man braucht nur in der vorstehenden Gleichung den Index x einmal mit y, das andere mal mit z zu vertauschen. Somit sind die drei Componenten der durch die Reibung hervorgerufenen Beschleunigung gegeben durch:

$$\begin{aligned} \rho f_x &= \frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial Y_x}{\partial y} + \frac{\partial Z_x}{\partial z} \\ \rho f_y &= \frac{\partial X_y}{\partial x} + \frac{\partial Y_y}{\partial y} + \frac{\partial Z_y}{\partial z} \\ \rho f_z &= \frac{\partial X_z}{\partial x} + \frac{\partial Y_z}{\partial y} + \frac{\partial Z_z}{\partial z}. \end{aligned} \quad (6)$$

Weitere drei Gleichungen liefert die Betrachtung der Winkelbeschleunigungen, welche aus den Reibungen resultiren. Legen wir durch den Schwerpunkt des Tetraëders eine Axe parallel zur Axe x, so suchen die Componenten Z'_y und Y'_z um diese Axe das Tetraëder zu drehen. Ihre Hebelarme sind $\frac{c}{4}$ und $\frac{b}{4}$. Nennen wir T das Trägheitsmoment des Tetraëders für die angenommene Axe, γ die Winkelbeschleunigung, so ist

$$T\gamma = Y'_z \cdot \frac{ac}{2} \cdot \frac{b}{4} - Z'_y \cdot \frac{ab}{2} \cdot \frac{c}{4}.$$

Daraus folgt mit Vernachlässigung der Glieder von höherer als der dritten Ordnung

$$Y_z = Z_y.$$

Die Betrachtung der Drehungsgleichungen für zwei andere zu den y und z parallele Axen liefert zwei ähnliche Gleichungen, so dass wir folgende Relationen

$$Y_z = Z_y,\ Z_x = X_z,\ X_y = Y_x \qquad (7)$$

besitzen. Vermöge dieser und der Gleichungen (5) sind in jedem Punkte die Reibungscomponenten für alle möglichen Ebenen durch sechs zu drei Orthogonalebenen gehörige Componenten X_x, Y_y, Z_z, Y_z, X_z, X_y gegeben. Durch die Gleichungen (7) vereinfachen sich auch die Gleichungen (6).

Nun sind noch die Reibungscomponenten als Functionen der Geschwindigkeiten darzustellen. Ich will dazu das Newton'sche Princip in einer ähnlichen Erweiterung verwenden, wie sie das Hooke'sche in der Elasticitätstheorie erfahren hat. Ich setze nämlich jede der Reibungscomponenten allgemein einer linearen Function der in dem betreffenden Punkte stattfindenden Geschwindigkeitsabstufungen gleich und bestimme hinterher diese Functionen so, dass sie den Bedingungen des Problems genügen. Da es der Geschwindigkeitsabstufungen neun, der zur Bestimmung der Reibung in jedem Punkte nothwendigen Componenten sechs gibt, so würden die Ausdrücke für die letzteren vierundfünfzig Constante beherbergen, wenn nicht die Gleichartigkeit eines flüssigen Körpers nach allen Seiten von vorneherein die Anzahl dieser Constanten auf zehn vermindern liesse. Es ist nämlich klar, dass die Reibungscomponenten als lineare

Functionen der Geschwindigkeitsabstufungen nur folgende Formen haben können:

$$
\begin{aligned}
X_x &= A\theta + B\frac{\partial u}{\partial x} + C\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial u}{\partial z}\right) + D\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial x}\right) + E\left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}\right)\\
Y_y &= A\theta + B\frac{\partial v}{\partial y} + C\left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) + D\left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial u}{\partial y}\right) + E\left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}\right)\\
Z_z &= A\theta + B\frac{\partial w}{\partial z} + C\left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial y}\right) + D\left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial z}\right) + E\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) \qquad (8)\\
Y_z &= \mathfrak{A}\theta + \mathfrak{B}\frac{\partial u}{\partial x} + \mathfrak{C}\left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}\right) + \mathfrak{D}\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial x}\right) + \mathfrak{E}\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial u}{\partial z}\right)\\
X_z &= \mathfrak{A}\theta + \mathfrak{B}\frac{\partial v}{\partial y} + \mathfrak{C}\left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}\right) + \mathfrak{D}\left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial u}{\partial y}\right) + \mathfrak{E}\left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial x}\right)\\
X_y &= \mathfrak{A}\theta + \mathfrak{B}\frac{\partial w}{\partial z} + \mathfrak{C}\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) + \mathfrak{D}\left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial z}\right) + \mathfrak{E}\left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial y}\right).
\end{aligned}
$$

In diesen Formeln bedeutet θ die für den Punkt x, y, z geltende durch die Bewegung der Flüssigkeit hervorgebrachte Änderung der Volumseinheit, nämlich es ist

$$\theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$$

gesetzt. A B, C, D, E, $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$, $\mathfrak{D}$, $\mathfrak{E}$ sind die Constanten. Die Anzahl dieser lässt sich durch die folgende Betrachtung bis auf zwei vermindern.

Die Formeln (6) für die Componenten der aus der Reibung resultirenden Beschleunigung zeigen, dass diese Componenten vermöge der Gleichungen (8) lineare Functionen der zweiten Differentialquotienten der Geschwindigkeiten u, v, w nach x, y, z sein werden. Die Gleichartigkeit der Flüssigkeiten nach allen Seiten erfordert nun wieder, dass die auf ein beliebiges Coordinatensystem bezogenen Componenten der Beschleunigung solche Functionen der zweiten Differentialquotienten sind, dass jede beliebige Transformation der Coordinaten ihre Form nicht ändert. Dies ist, wie aus Cauchy's Untersuchungen in der Theorie des Lichtes bekannt ist, der Fall, wenn

$$
\begin{aligned}
\rho f_x &= L\frac{\partial\theta}{\partial x} + M\Delta u\\
\rho f_y &= L\frac{\partial\theta}{\partial y} + M\Delta v \qquad (9)\\
\rho f_z &= L\frac{\partial\theta}{\partial z} + M\Delta w
\end{aligned}
$$

worin L und M zwei Constante bedeuten, Δ aber durch die symbolische Gleichung

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

bestimmt ist. Setzt man die in den Gleichungen (8) enthaltenen Werthe der Reibungscomponenten in die Formel (6), so findet man leicht, dass sich die Substitutionsresultate nur dann auf die Formen (9) reduciren, wenn

$$C = D = E = \mathfrak{A} = \mathfrak{B} = \mathfrak{D} = \mathfrak{E} = 0$$

und zwischen B und $\mathfrak{C}$ die Relation

$$B = 2\mathfrak{C}$$

besteht. Die in (9) enthaltenen Constanten L und M sind dann

$$L = A + \mathfrak{C}, \quad M = \mathfrak{C}.$$

Setzen wir des bequemeren Gebrauches wegen λ und μ für A und $\mathfrak{C}$, so haben wir für die Reibungscomponenten die Werthe

$$\begin{aligned} X_x &= \lambda\theta + 2\mu\frac{\partial u}{\partial x} & Y_z &= \mu\left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}\right) \\ Y_y &= \lambda\theta + 2\mu\frac{\partial v}{\partial y} & X_z &= \mu\left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}\right) \\ Z_z &= \lambda\theta + 2\mu\frac{\partial w}{\partial z} & X_y &= \mu\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) \end{aligned} \qquad (10)$$

und für die Componenten der Beschleunigung

$$\begin{aligned} \rho f_x &= (\lambda + \mu)\frac{\partial\theta}{\partial x} + \mu\Delta u \\ \rho f_y &= (\lambda + \mu)\frac{\partial\theta}{\partial y} + \mu\Delta v \\ \rho f_z &= (\lambda + \mu)\frac{\partial\theta}{\partial z} + \mu\Delta w. \end{aligned} \qquad (11)$$

Die Formeln für die Reibungscomponenten haben dieselbe Gestalt, wie die für die Componenten der Spannungen in der Theorie der Elasticität, nur dass die Verschiebungen der Theilchen, welche in letzteren vorkommen, in unsere Formeln durch die Geschwindigkeiten vertreten sind. Ich wollte diese Formeln nicht von vorne herein annehmen, weil die Gewinnung derselben in der Elasticitätstheorie gewöhnlich von der Betrachtung specieller Fälle, welche auf flüssige Körper nicht übertragen werden können, abhängig gemacht wird.

In der Theorie der Elasticität der festen Körper lässt sich zwischen den Constanten λ und μ keine Relation gewinnen, wohl aber in unserem Falle. In jedem Punkte hat die Flüssigkeit zu einer bestimmten Zeit eine bestimmte Geschwindigkeit c, deren Richtung gegeben ist durch die Cosinuse $\frac{u}{c}, \frac{v}{c}, \frac{w}{c}$, welche zu den Winkeln gehören, die sie mit den Coordinatenaxen bildet. Legen wir uns nun durch den Punkt x, y, z eine die Richtung c enthaltende Ebene, so muss die Reibung für diese Ebene in dieselbe fallen und zwar der Richtung von c parallel sein. Nennen wir die Normale zu dieser Ebene a, die Reibung für dieselbe somit A, so sind die Bedingungen, unter welchen die Richtung von A mit der von c zusammenfällt

$$A_a = 0, \quad A_b = 0,$$

wenn b eine in der Ebene gewählte und zu c senkrechte Linie bedeutet.

Sind die Cosinuse der Winkel, welche a mit den Coordinatenaxen bildet h, k, l so haben wir nach den Formeln (5) und (7)

$$\begin{aligned} A_x &= hX_x + kX_y + lX_z \\ A_y &= hX_y + kY_y + lY_z \\ A_z &= hX_z + kY_z + lZ_z. \end{aligned}$$

Nun ist aber

$$A_a = hA_x + kA_y + lA_z,$$

also erhält man für A_a nach Substitution der vorstehenden Werthe

$$A_a = h^2X_x + k^2Y_y + l^2Z_z + 2klY_z + 2hlX_z + 2hkX_y.$$

Führt man die Werthe (10) für die Reibungscomponenten in diese Formel ein, so bringt man A_a leicht auf folgende Form

$$A_a = \lambda\theta + 2\mu\left(h\frac{\partial}{\partial x} + k\frac{\partial}{\partial y} + l\frac{\partial}{\partial z}\right)(hu + kv + lw).$$

Da die beiden Richtungen a und c senkrecht auf einander stehen, so ist

$$hu + kv + lw = 0,$$

also bleibt nur

$$A_a = \lambda\theta$$

übrig. Soll diese Componente der Reibung verschwinden, so muss

$$\lambda = 0$$

sein. Die zweite der oben angeführten Bedingungen nämlich $A_4 = 0$ ist schon durch die Werthe (10) erfüllt, wie man sich leicht durch eine ähnliche Rechnung, wie sie für A_a geführt wurde, überzeugt.

Die Formeln, durch welche die Reibungscomponenten als Functionen der Geschwindigkeiten bestimmt werden, sind demnach folgende:

$$\begin{aligned} X_x &= 2\mu \frac{\partial u}{\partial x}, \quad Y_z = \mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}\right) \\ Y_y &= 2\mu \frac{\partial v}{\partial y}, \quad X_z = \mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}\right) \\ Z_z &= 2\mu \frac{\partial w}{\partial z}, \quad X_y = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) \end{aligned} \tag{12}$$

und für die Componenten der Beschleunigung bleiben die Gleichungen

$$\begin{aligned} \rho f_x &= \mu \frac{\partial \theta}{\partial x} + \mu \Delta u \\ \rho f_y &= \mu \frac{\partial \theta}{\partial y} + \mu \Delta v \\ \rho f_z &= \mu \frac{\partial \theta}{\partial z} + \mu \Delta w. \end{aligned} \tag{13}$$

Diese vereinfachen sich noch mehr, wenn es sich um eine tropfbare Flüssigkeit handelt, welche man als incompressibel betrachtet. Für eine solche hat man nämlich

$$\theta = 0 \tag{14}$$

als Bedingungsgleichung für alle möglichen Bewegungen und die Formeln (13) gehen demnach über in

$$\rho f_x = \mu \Delta u, \quad \rho f_y = \mu \Delta v, \quad \rho f_z = \mu \Delta w \tag{15}$$

Die Ausdrücke Δu, Δv, Δw lassen für den Fall, dass die Gleichung (14) stattfindet, noch eine bemerkenswerthe Umformung zu. Setzt man nämlich in Δu

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = -\frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial z}$$

welche Relation durch Differenzirung der Gleichung (14) nach x gewonnen wird, so erhält man

$$\Delta u = \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial y}\right)$$

und zwei ähnliche Gleichungen erhält man für Δv und Δw. Setzen wir der Kürze halber

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial y} &= 2\xi \\ \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial z} &= 2\eta \\ \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} &= 2\zeta \end{aligned} \qquad (16)$$

so sind die neuen Formel für Δu, Δv, Δw die folgenden:

$$\begin{aligned} \Delta u &= 2\left(\frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{\partial \eta}{\partial z}\right) \\ \Delta v &= 2\left(\frac{\partial \xi}{\partial z} - \frac{\partial \zeta}{\partial x}\right) \\ \Delta w &= 2\left(\frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{\partial \xi}{\partial y}\right) \end{aligned} \qquad (17)$$

und dem gemäss können auch die Formeln (15) transformirt werden. Die Grössen ξ, η, ζ bedeuten, wie Helmholtz in seiner Abhandlung über Integrale der hydrodynamischen Gleichungen, welche den Wirbelbewegungen entsprechen[1]) nachweist, nichts anderes, als die Winkelgeschwindigkeiten mit denen sich ein Flüssigkeitselement um drei durch seinen Schwerpunkt gehende zu x, y, z parallele Axen dreht.

Sind u, v, w die Componenten der Geschwindigkeit im Punkte x, y, z und u', v', w' im Punkte x', y', z', so ist

$$\begin{aligned} u' - u &= \frac{\partial u}{\partial x}(x' - x) + \frac{\partial u}{\partial y}(y' - y) + \frac{\partial u}{\partial z}(z' - z) \\ v' - v &= \frac{\partial v}{\partial x}(x' - x) + \frac{\partial v}{\partial y}(y' - y) + \frac{\partial v}{\partial z}(z' - z) \\ w' - w &= \frac{\partial w}{\partial x}(x' - x) + \frac{\partial w}{\partial y}(y' - y) + \frac{\partial w}{\partial z}(z' - z) \end{aligned} \qquad (18)$$

führt man die Bezeichnungen

$$\frac{\partial u}{\partial x} = a, \quad \frac{\partial v}{\partial y} = b, \quad \frac{\partial w}{\partial z} = c$$

$$\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} = \alpha, \quad \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} = \beta, \quad \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = \gamma$$

[1]) Crelle-Borchardt, Journal für Mathematik. LV. 1.

ein und macht auch von den Formeln (16) Gebrauch, so lassen sich die Gleichungen (18) leicht in folgender Form darstellen:

$$\begin{aligned} u'-u &= \alpha(x'-x)+\gamma(y'-y)+\beta(z'-z)+\zeta(y'-y)-\eta(z'-z) \\ v'-v &= \gamma(x'-x)+b(y'-y)+\alpha(z'-z)-\zeta(x'-x)+\xi(z'-z) \\ w'-w &= \beta(x'-x)+\alpha(y'-y)+c(z'-z)+\eta(x'-x)-\xi(y'-y) \end{aligned} \quad (19)$$

Betrachten wir die von ξ, η, ζ freien Glieder für sich, so lassen sich die durch sie ausgedrückten Theile der relativen Geschwindigkeiten als die nach x', y', z' genommenen partiellen Differentialquotienten des Polynoms

$$P = \frac{1}{2}a(x'-x)^2+\frac{1}{2}b(y'-y)^2+\frac{1}{2}c(z'-z)^2+ \\ +\alpha(y'-y)(z'-z)+\beta(z'-z)(x'-x)+\gamma(x'-x)(y'-y)$$

darstellen. Denkt man sich durch dieses eine krumme Fläche zweiter Ordnung, deren Mittelpunkt die Coordinaten x, y, z hat, bestimmt, so kann man ein neues Coordinatensystem so wählen, dass die neuen Axen parallel gehen den Axen der krummen Fläche. Werden die neuen Coordinaten mit $\mathfrak{x}$, $\mathfrak{y}$, $\mathfrak{z}$, $\mathfrak{x}'$, $\mathfrak{y}'$, $\mathfrak{z}'$, bezeichnet, so nimmt nach der Transformation das obige Polynom die Form

$$\frac{1}{2}a(\mathfrak{x}'-\mathfrak{x})^2+\frac{1}{2}b(\mathfrak{y}'-\mathfrak{y})^2+\frac{1}{2}c(\mathfrak{z}'-\mathfrak{z})^2$$

an. Die partiellen Differentialquotienten dieses Trinoms nach $\mathfrak{x}'$, $\mathfrak{y}'$, $\mathfrak{z}'$, geben dann die oben hervorgehobenen Antheile der relativen Geschwindigkeiten zerlegt nach den neuen Axen. Diese neuen Componenten haben daher die Eigenschaft, dass für alle in einer der neuen Coordinatenebenen liegenden Punkte die zu dieser Ebene normale Geschwindigkeitscomponente dieselbe ist. Ein Element der Flüssigkeit in Form eines Parallelepipedes, dessen Kanten parallel zu den neuen Coordinatenaxen sind, erhält also in Folge dieser Theile der Geschwindigkeiten nur eine Translation, die mit Verdichtungen oder Dehnungen des Elementes in der Richtung seiner Kanten verbunden ist. Um die vollständige Bewegung des Elementes darzustellen, muss man zu diesen Antheilen der Geschwindigkeit noch die aus Rotationen um die Axen x, y, z hervorgehenden Componenten hinzufügen. Sind nun ξ, η, ζ die Winkelgeschwindigkeiten, mit denen sich das Element um drei zu den Coordinatenaxen parallele Axen dreht, so liefern diese in der Richtung von

x die Componenten	0 ,	$-(z'-z)\eta$,	$(y'-y)\zeta$
y „ „	$(z'-z)\xi$,	0 ,	$-(x'-x)\zeta$
z „ „	$-(y'-y)\xi$,	$(x'-x)\eta$,	0

fügt man diese zu den aus den Formeln (19) hervorgehobenen Theilen hinzu, so erhält man genau die Formeln (19) und erkennt die Bedeutung der darin vorkommenden ξ, η, ζ.

Aus den Formeln (17) folgt nun, dass der Einfluss der inneren Reibung in einer tropfbaren Flüssigkeit durch die in dieser stattfindenden Rotationen der einzelnen Flüssigkeitselemente vollständig bestimmt ist. Umgekehrt ist Reibung in einer tropfbaren Flüssigkeit ohne gleichzeitige Drehungen ihrer Moleküle nicht denkbar. Sobald daher die Reibung in einer tropfbaren Flüssigkeit bei einem Probleme in Betracht kommt, so ist es nicht mehr erlaubt, die Componenten der Geschwindigkeit als partielle Differentialquotienten einer Function der Coordinaten zu betrachten, wie man es bisher bei den meisten Problemen, die man einer analytischen Behandlung unterwarf, anzunehmen pflegte. Mit dieser Annahme sind nämlich ξ, η, ζ der Nulle gleich gesetzt und dadurch verschwinden auch die Ausdrücke für die aus der innern Reibung hervorgehenden Beschleunigungen.

III. Die hydrodynamischen Differentialgleichungen.

Wenn wir wieder mit x, y, z die orthogonalen Coordinaten eines Punktes des von der Flüssigkeit erfüllten Raumes bezeichnen und mit u, v, w die Componenten der Geschwindigkeit, welche die zur Zeit t in diesem Punkte befindliche Flüssigkeit hat, mit p den Druck, mit ρ die Dichte der Flüssigkeit in diesem Punkte zur Zeit t, sind ferner X, Y, Z die Componenten der von den äusseren Kräften herrührenden Beschleunigungen; so haben die Bewegungsgleichungen bekanntlich die Form

$$X-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}=\frac{d.u}{dt},\quad Y-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}=\frac{d.v}{dt},\quad Z-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}=\frac{d.w}{dt}$$

wenn symbolisch

$$\frac{d.}{dt}=u\frac{\partial}{\partial x}+v\frac{\partial}{\partial y}+w\frac{\partial}{\partial z}$$

gesetzt wird. Bei der Aufstellung dieser Gleichungen ist auf die Reibung in der Flüssigkeit keine Rücksicht genommen. Soll diese

auch in Rechnung gezogen werden, so hat man zu den von den äusseren Kräften kommenden Beschleunigungen noch die von der Reibung herrührenden hinzuzufügen und die in dieser Hinsicht vervollständigten Bewegungsgleichungen sind dann

$$\begin{aligned} X + f_x - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} &= \frac{d.u}{dt} \\ Y + f_y - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} &= \frac{d.v}{dt} \\ Z + f_z - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} &= \frac{d.w}{dt} \end{aligned} \qquad (20)$$

worin für f_x, f_y, f_z die durch die Gleichungen (13) bestimmten Werthe dieser Grössen zu setzen sind, oder für den Fall, wenn es sich um eine incompressible Flüssigkeit handelt, die durch die Gleichungen (15) gegebenen. Für diesen Fall sind also die Gleichungen folgende:

$$\begin{aligned} X - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} &= \frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right) \\ Y - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} &= \frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} + w\frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right) \\ Z - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} &= \frac{\partial w}{\partial t} + u\frac{\partial w}{\partial x} + v\frac{\partial w}{\partial y} + w\frac{\partial w}{\partial z} - \frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right) \end{aligned} \qquad (21)$$

Diese Gleichungen genügen aber, so wie die gewöhnlichen, nicht zur Bestimmung aller in ihnen enthaltenen unbekannten Grössen, nämlich u, v, w und p. Man braucht, damit das Problem ein bestimmtes werde, noch eine vierte Gleichung, welche aus der Bedingung, dass die Flüssigkeit während der Bewegung fortwährend und überall ein Continuum bilde, gezogen wird. Sie ist

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(u\rho)}{\partial x} + \frac{\partial(v\rho)}{\partial y} + \frac{\partial(w\rho)}{\partial z} = 0 \qquad (22)$$

und für eine incompressible Flüssigkeit, für welche ρ als constant betrachtet wird

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \qquad (23)$$

Die aus diesen Gleichungen gezogenen Werthe von u, v, w, p werden immer entweder mit willkürlichen Functionsformen oder mit arbiträren Constanten versehen sein. Diese zu bestimmen, dienen die Bedingungen, welche den Zustand der Flüssigkeit zu Anfang der Zeit und an den Grenzen des von ihr erfüllten Raumes dar-

stellen. Einer besonderen Betrachtung bedürfen nur die Bedingungen an jenen Grenzen der Flüssigkeit, welche von festen Wänden oder von einer zweiten Flüssigkeit gebildet werden.

Wenn wir nämlich auf die Reibung zwischen den einzelnen Flüssigkeitstheilchen Rücksicht nehmen, müssen wir nothwendiger Weise auch die in vielen Fällen noch weit bedeutendere zwischen der Flüssigkeit und den von ihr bespülten festen Wänden oder einer zweiten sie berührenden Flüssigkeit in Rechnung ziehen. Zur Bestimmung des Einflusses dieser Reibung verwenden wir das Newton'sche Princip in seiner ursprünglichen Form. Die Reibung sei der Berührungsfläche zwischen Wand und Flüssigkeit und dem Geschwindigkeitsunterschiede zwischen beiden proportional. Setzen wir die Wand als ruhend voraus, so ist die Reibung der Geschwindigkeit der Flüssigkeit an der betreffenden Wandstelle proportional und gleich gerichtet mit dieser Geschwindigkeit. Die Richtung dieser ist aber immer parallel zur Wandfläche oder sie fällt in die berührende Ebene dieser Fläche, wenn die Flüssigkeit während ihrer Bewegung den von der Wand begrenzten Raum immer stetig erfüllen soll.

Nennen wir die Normale in irgend einem Punkte der Wand s und sind m, n, p die Cosinuse der Winkel, welche die Normale mit den Richtungen x, y, z bildet, so haben wir zunächst die Bedingung

$$mu + nv + pw = 0 \qquad (24)$$

Zerlegen wir die Geschwindigkeit an der Wand in zwei zu einander senkrechte übrigens beliebig gerichtete Componenten φ und ψ, so ist

$$\begin{aligned} \varphi &= m'u + n'v + p'w \\ \psi &= m''u + n''v + p''w \end{aligned} \qquad (25)$$

wenn m', n', p' und m'', n'', p'' die Cosinuse der Winkel sind, welche die Richtungen von φ und ψ mit den Coordinatenaxen bilden. Die Reibung zwischen Wand und Flüssigkeit wird daher durch die beiden Componenten

$$-M\varphi, \quad -M\psi$$

bestimmt sein, wenn M der Proportionalfactor, zwischen Reibung und Geschwindigkeit ist. Das negative Zeichen bedeutet, dass die zwischen Wand und Flüssigkeit wirkende Reibung verzögernd auf die Bewegung der Flüssigkeit wirkt.

Die Geschwindigkeit wird sich in der bewegten Flüssigkeit so ordnen, dass an der Wand jede Störung der Continuität behoben wird. Der Einfluss der Wand wird dann der nämliche, den eine an ihrer Stelle befindliche ideelle Flüssigkeitsschichte ausüben würde, Der Bewegungszustand dieser folgt aus den allgemeinen Functionen, welche denselben innerhalb der Flüssigkeit bestimmen, wenn man in diese die der ideellen Schichte entsprechenden Coordinaten einführt. Wir können daher als Bedingungen für die Flüssigkeit an der Wand setzen:

$$-M_\varphi = S_\varphi, \quad -M_\psi = S_\psi \tag{26}$$

wenn S_φ und S_ψ die nach den Richtungen φ und ψ geschätzten Componenten der Reibung für eine zu s normale Ebene an der Grenze der Flüssigkeit bedeuten.

Nun hat man

$$S_\varphi = m'S_x + n'S_y + p'S_z$$
$$S_\psi = m''S_x + n''S_y + p''S_z.$$

Substituirt man diese Werthe in die Gleichungen (26) und setzt darin für φ und ψ die Werthe aus (25), so hat man

$$(Mu + S_x)m' + (Mv + S_y)n' + (Mw + S_z)p' = 0$$
$$(Mu + S_x)m'' + (Mv + S_y)n'' + (Mw + S_z)p'' = 0$$

welche Gleichungen wegen der beliebigen Richtung von φ und ψ zu den folgenden führen:

$$Mu + S_x = 0, \quad Mv + S_y = 0. \quad Mw + S_z = 0.$$

Nun hat man nach den Formeln (5) und (12)

$$S_x = \mu\left[2m\frac{\partial u}{\partial x} + n\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) + p\left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}\right)\right]$$

oder mit Berücksichtigung der Gleichung (24)

$$S_x = \mu\left(m\frac{\partial u}{\partial x} + n\frac{\partial u}{\partial y} + p\frac{\partial u}{\partial z}\right)$$

und ähnliche Werthe folgen für S_y und S_z, indem die Stelle von u durch v und w ersetzt wird. Wir können demnach die Bedingungen für die Grenzfläche in folgender Form schreiben

$$\begin{aligned} Mu + \mu\left(m\frac{\partial u}{\partial x} + n\frac{\partial u}{\partial y} + p\frac{\partial u}{\partial z}\right) &= 0 \\ Mv + \mu\left(m\frac{\partial v}{\partial x} + n\frac{\partial v}{\partial y} + p\frac{\partial v}{\partial z}\right) &= 0 \\ Mw + \mu\left(m\frac{\partial w}{\partial x} + n\frac{\partial w}{\partial y} + p\frac{\partial w}{\partial z}\right) &= 0 \end{aligned} \qquad (27)$$

oder auch, weil

$$m\frac{\partial}{\partial x} + n\frac{\partial}{\partial y} + p\frac{\partial}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial s}$$

gesetzt werden kann,

$$Mu + \mu\frac{\partial u}{\partial s} = 0, \quad Mv + \mu\frac{\partial v}{\partial s} = 0. \quad Mw + \mu\frac{\partial w}{\partial s} = 0.$$

Für den Fall, als die Flüssigkeit an der festen Wand so adhärirt, dass die Flüssigkeitstheilchen an derselben gar keine Bewegung annehmen, hat man M unendlich gross gegen μ zu setzen und die für die Wand geltenden Bedingungen sind dann

$$u = v = w = 0.$$

Ist ein Theil der Oberfläche der Flüssigkeit frei, so hat man für diesen $M = o$ und die Bedingungen für diesen Theil sind dann

$$\frac{\partial u}{\partial s} = \frac{\partial v}{\partial s} = \frac{\partial w}{\partial s} = 0,$$

welche auch für eine feste Wand gelten, wenn die Reibung zwischen ihr und der Flüssigkeit gegen die innere Reibung in dieser vernachlässigt wird.

Die hier abgeleiteten Gleichungen, insoferne sie für incompressible Flüssigkeiten gelten, sind auch von den früheren Bearbeitern der Reibung in Flüssigkeiten gefunden worden, obwohl auf ganz verschiedenen Wegen. Eine Zusammenstellung der älteren Arbeiten gibt Meyer in seiner Abhandlung über die Reibung in Flüssigkeiten [1]). Die allgemeine Theorie betreffen die Abhandlungen von Euler, Navier, Poisson, Stockes und Meyer. Von den übrigen wesentlich verschieden ist die von Euler [2]) seiner Theorie zu Grunde gelegte Hypothese, indem er die Reibung zwischen zwei Flüssigkeits-

[1]) Crelle-Borchardt, Journal für Mathematik. LIX. 229.

[2]) Novi commentarii Petropolitani. VI. 338. 1756. 1757.

schichten von ihrer relativen Geschwindigkeit unabhängig und dem hydrostatischen Drucke proportional setzt. Das Princip, von welchem Navier ausgeht, ist schon oben angegeben worden. Poisson[1]) behandelt das Problem nach derselben Methode, welche er für die Theorie der Elasticität der festen Körper adoptirt hat. Er nimmt auch bei den tropfbaren Flüssigkeiten auf Änderungen der Dichte Rücksicht und führt ausserdem noch die Annahme ein, dass die Fortpflanzung des Druckes in einer Flüssigkeit mit einer von ihrem Bewegungszustande abhängigen Geschwindigkeit vor sich gehe. Die von ihm aufgestellten Gleichungen enthalten die Navier'schen als speciellen Fall. Die von Stockes[2]) gegebene Theorie umfasst auch die Reibung in Gasen oder überhaupt in compressiblen Flüssigkeiten. Seine Gleichungen für die aus der Reibung hervorgehenden Beschleunigungen folgen aus den oben gegebenen Gleichungen (10), wenn man zur Aufstellung einer Relation zwischen den zwei darin enthaltenen Coëfficienten λ und μ die Annahme verwendet, dass in jedem Punkte der bewegten Flüssigkeit die Summe der Normalcomponenten der Reibungen für drei orthogonale Ebenen der Null gleich sei.

Für den speciellen Fall der Bewegung der Flüssigkeiten in Röhren wurde zuerst von Hagen[3]), dann von Wiedemann[4]) und Hagenbach[5]) das Newton'sche Princip verwendet. Auf dasselbe stützt sich auch die exacte Behandlung desselben Problems von Neumann, welche Jacobson[6]) mitgetheilt hat. An diese schliesst sich die schon genannte Arbeit von Meyer an. In dieser wird das Newton'sche Princip in ausgedehnterer Gestalt verwendet, indem zu der Annahme, dass Reibung zwischen über einander gleitenden Schichten stattfinde, noch die weitere hinzugefügt wird, dass zwei zur gemeinschaftlichen Bewegungsrichtung normale sich berührende Schichten ebenfalls beschleunigend auf einander wirken. Ferner beruht die Rechnung Meyer's noch auf der Annahme, dass jede Reibungscomponente für irgend eine Ebene nur abhängig sei von der mit ihr gleichgerichteten Componente der Geschwindigkeit. Diese Annahme

---

[1]) Journal de l'école polytechnique, cah. XX. 139.
[2]) Cambridge transactions. VIII. 287.
[3]) Pogg. Ann. XLVI. 423.
[4]) Pogg. Ann. LXXXXIX.
[5]) Pogg. Ann. CIX. 385.
[6]) Reichert und Du Bois, Archiv für Anatom. u. Phys. 1860, p. 80.

führt aber zu der Folgerung, dass bei einer gleichförmigen Rotation eines flüssigen Körpers Reibungen zwischen den einzelnen Flüssigkeitsschichten stattfinden, was unmöglich ist, da bei dieser Bewegung keine relativen Verschiebungen der einzelnen Flüssigkeitstheilchen vorkommen. Auf die Gestalt der Gleichungen für die Beschleunigungen, welche aus der Reibung resultiren, hat diese Annahme keinen Einfluss, sobald es sich um incompressible Flüssigkeiten handelt, auf welchen Fall auch Meyer die Rechnung beschränkt hat.

XVII. SITZUNG VOM 20. JUNI 1862.

Herr Dr. Paul Escher, ehemaliger Docent der Mathematik am schweizerischen Polytechnicum zu Zürich, übersendet eine Abhandlung: „Beiträge zur reinen Mathematik".

Herr Professor E. Brücke legt eine Abhandlung vor über „das Verhalten der sogenannten Protoplasmaströme von *Urtica urens* gegen die Schläge des Magnetelektromotors".

Herr Dr. A. Boué übergibt folgende Mittheilungen:

1. „Über ein heftiges Gewitter zu Vöslau am 6. Juni 1862."
2. „Entdeckung einiger Leithakalk-Petrefacten in den obersten Schichten der Kalkdolomit-Breccien Gainfahrns."

Herr Professor J. Redtenbacher berichtet, es habe auf seine Veranlassung Herr Krasser in seinem Laboratorium die Mutterlauge des Karlsbader Sprudelwassers untersucht und neben reichlichen Mengen von Kalium auch eines der beiden neuen Alkali-Metalle, das Rubidium und von dem zweiten, dem Cäsium, noch schwache Spuren gefunden.

Herr Director E. Fenzl liest ein Schreiben des Herrn Dr. R. A. Philippi, Directors des naturhistorischen Museums zu St. Jago de Chile über eine Excursion auf den Vulcan *Nevado de Chillan* in den südöstlichen Anden Chili's.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, Mémoires. Tome XXXIII. Bruxelles, 1861; 4°. — Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers. Tome XXX. 1858 — 1861; 4°. — Mémoires couronnés et autres Mémoires. Collection in 8°. Tomes XI & XII. Bruxelles, 1861 & 1862. — Bulletins, 30me Année, 2me Série, Tomes XI & XII. Bruxelles, 1861; 8°. — Comptes rendus des séances de la Commission Royale d'histoire, 3me Série, Tome IIIe. Bruxelles, 1862; 8°. — Annuaire, 28e Année. 1862. Bruxelles, 12°. — Gachard, Actes des États Généraux des Pays-

Bas. 1556 — 1585. Notices chronologiques et analytiques. Tome I^r. 6 septembre 1576 — 14 août 1578. Bruxelles, 1861; 8°.

Accademia, Regia, di Scienze, Lettere ed Arti di Modena. Memorie. Tomo III. Con 3 tavole. Modena, 1861; 4°.

Akademie der Wissenschaften, königl. bayer., zu München, Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Classe: IX. Bd. II. Abtheilung. München, 1862; 4°. — Harless, E., Zur inneren Mechanik der Muskelzuckung und Beschreibung des Atwood'schen Myographion. Mit einer Figuren- und einer Curven-Tafel. — Pettenkofer, Max, Über einen neuen Respirations-Apparat. — Wagner, Andreas, Monographie der fossilen Fische aus den lithographischen Schiefern Bayerns. I. Abtheilung: Plakoiden und Pyknodonten. (Mit 4 Tafeln.) (Aus den Abhandlungen der königl. bayer. Akademie der Wissenschaften, II. Cl., IX. Bd., II. Abtheilung.) — Martius, C. Fr. Ph. v., Zum Gedächtniss an Jean Baptiste Biot. — Siebold, C. Th. E. v., Über Parthenogenesis. München, 1862; 4°. — Mitglieder-Verzeichniss. 1862. München; 4°.

Annales des mines, VIe Série, Tome I. 1re livraison de 1862. Paris, 1862; 8°.

Astronomische Nachrichten, 1362 — 1364. Altona, 1862; 8°.

Ausstellungsbuch, Österreichisches. (Special-Katalog über die Londoner Ausstellung. Deutsch, englisch und französisch.) Wien, 1862; kl. 4°.

Austria, XIV. Jahrgang, XXIII. und XXIV. Heft. Wien, 1862; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences. Tome LIV. Nr. 19 — 21. Paris, 1862; 4°.

Cosmos, XIe Année, 20e Volume, 23e et 24e Livraison. Paris, 1862; 8°.

Gent, Universität, Akademische Gelegenheitsschriften. Gent, 1858 und 1859; 8°.

Gesellschaft, Provincial Utrecht'sche, für Kunst und Wissenschaft, Aanteckeningen van het Verhandelde in de Sectie-Vergaderingen, 1859, 1860, 1861. Te Utrecht; 8°. Verslag van het Verhandelde in de algemeene Vergadering, 1860 & 1861. Te Utrecht; 8°. — Clapadère, Edouard, Recherches sur l'évolution des araignées. Avec 8 planches. (Mémoire,

auquel la Société des Arts et Sciences d'Utrecht a décerné une médaille d'or.) Utrecht, 1862; 4°. — Semper, Karl, Entwickelungsgeschichte der *Ampullaria polita* Deshayes nebst Mittheilungen über die Entwickelungsgeschichte einiger anderen Gastropoden aus den Tropen. (Eine von der Utrechter Gesellschaft für Kunst und Wissenschaft gekrönte Preisschrift.) Mit 4 Tafeln. Utrecht, 1862; 4°.

Gümbel, C. M., Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Herausgegeben auf Befehl des königl. bayerischen Staatsministeriums der Finanzen. Mit 5 Blättern einer geognostischen Karte des Königreiches Bayern, 1 Blatt Gebirgsansichten, 42 Profiltafeln und 25 in den Text gedruckten Holzschnitten. Gotha, 1861; gr. 8°. Atlas, gr. Fol.

Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, 1861 und 1862. XII. Bd., Nr. 1 und 2. Wien; 8°.

Kanitz, F., Serbisch-byzantinische Monumente. Wien, 1862; gr. Fol.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XII. Jahrgang. Nr. 17. Wien, 1862; kl. 4°.

Mittheilungen über die zur Londoner Ausstellung im Jahre 1862 von der k. k. priv. österr. Staatseisenbahn-Gesellschaft gesendeten Gegenstände. Wien, 1862; 4°.

Quetelet, A., Annales de l'Observatoirs Royal de Bruxelles, Tome XIII. Bruxelles, 1861; 4°. — Observations des phénomènes périodiques. (Extr. du T. XXXIII. des Mémoires.) 4°.

Société Linnéenne de Bordeaux. Actes. Tome XXIII. (3° Série. Tome III.) Paris & Bordeaux, 1860; 8°.

Société philomatique de Paris, Extraits des procès-verbaux et des séances pendant l'année 1861. Paris, 1861; 8°.

Wiener medicinische Wochenschrift, XII. Jahrgang, Nr. 23 & 24. Wien, 1862; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft. XI. Jahrgang, Nr. 17. Gratz, 1862; 4°.

Das Verhalten der sogenannten Protoplasmaströme in den Brennhaaren von Urtica urens *gegen die Schläge des Magnetelektromotors.*

Von dem w. M. Prof. E. Brücke.

Vor etwa acht Monaten habe ich in einem Aufsatze, überschrieben „die Elementarorganismen“ (diese Berichte Bd. 44, Abth. 2, S. 381), unter anderem nachzuweisen gesucht, dass die sogenannten Protoplasmaströmchen in den Brennhaaren der Nesseln diesen Namen nicht verdienen, dass man es vielmehr mit einem lebendigen, contractilen Zellenleibe, einem Elementarorganismus, zu thun hat, in welchem eine körnerreiche Flüssigkeit fortbewegt wird.

Die Erfolge, welche ich neuerlich bei der Anwendung des Magnetelektromotors auf weisse Blutkörperchen, Eiter- und Speichelkörperchen eintreten sah, haben mich veranlasst, auch die Brennhaare seiner Einwirkung auszusetzen und zwar mit denselben Hilfsmitteln, deren ich mich bei den oben erwähnten Versuchen bediente. (Diese Berichte, Bd. XLIV, Abth. 2, S. 381.)

Ich unterscheide an der grossen Zelle, welche wesentlich das Brennhaar bildet, die äussere starre Wand, das Gehäuse, ferner das sogenannte Protoplasma sammt dem Kern, welche ich gemäss den in meiner eingangserwähnten Abhandlung aufgestellten Grundsätzen zusammen als den Zellenleib bezeichnen werde, und endlich drittens die klare Flüssigkeit in der Zelle, welche ich Intracellularflüssigkeit κατ' ἐξοχήν nennen will. Diese drei Gebilde sind, wie bekannt, in der Weise über einander geschichtet, dass der Zellenleib mit seiner ganzen äusseren Oberfläche dem Gehäuse anliegt, an seiner ganzen innern Oberfläche von der Intracellularflüssigkeit bespült wird.

Wenn man bei starker Vergrösserung das Mikroskop so einstellt, dass die Mittelebene des Haares sich im deutlichen Sehen befindet, so unterscheidet man am leichtesten die eigenen Bewegungen des Zellenleibes von denen der körnerreichen Flüssigkeit, welche in ihm strömt. Man sieht dann seinen optischen Längsschnitt

und einerseits die Körnchen, die sich in ihm fortbewegen, andererseits die Wülste, die er gegen die Intracellularflüssigkeit austreibt: man sieht, wie sie wachsen, wie sie ihren Ort verändern und wie sie wieder vergehen.

Man wird sich durch das Fortrücken des Wulstes nicht täuschen lassen, zu glauben, dass das sogenannte Protoplasma fliesse; denn man weiss, dass eine Contractionswelle der Länge nach über eine ganze Muskelfaser abläuft und schliesslich alle Theile derselben doch wieder am alten Orte sind. Selbst wenn ein singulär gebildeter Theil des Zellenleibes durch das ganze Sehfeld fortrückt, darf man sich dadurch nicht verführen lassen in den alten Irrthum zurückzufallen. Ich habe solche Theile verfolgt und gefunden, dass sie endlich stille stehen und dann langsam wieder gegen ihren früheren Ort hin zurückkehren. Die Bewegung war kein Fliessen, sie war eine Folge der Contractilität.

Ich kann nicht sagen, ob diese Contractionen die einzige Ursache der Bewegung der körnerreichen Flüssigkeit im Zellenleibe sind, aber dass sie auf dieselbe einen wesentlichen Einfluss üben müssen, versteht sich wohl von selbst.

Beide Bewegungen nun werden durch eine hinreichend kräftige und hinreichend langdauernde Einwirkung des Magnetelektromotors vollständig aufgehoben, der Zellenleib wird in eine todte, sich später meistens nach und nach vom Gehäuse ablösende Masse verwandelt.

Um die Wirkung der elektrischen Ströme in ihren einzelnen Stadien zu verfolgen, thut man am besten den Kreis anfangs nur für eine oder einige Secunden zu schliessen, so dass das Haar eine kurze Reihe von Schlägen erhält. Die erste Veränderung, die man dann wahrnimmt, besteht in der Regel in dem Erscheinen einer grösseren oder geringeren Menge von Fäden, welche vom Zellenleibe aus in die Intracellularflüssigkeit hineinragen. Ich habe sie nicht immer, aber doch bei weitem in der Mehrzahl der Fälle gesehen, und da sie von wechselnder Dicke, oft äusserst dünn sind, so mögen sie sich wohl das eine oder das andere Mal der Beobachtung entzogen haben. Manchmal sieht man sie wie Raketen aus dem Zellenleibe hervorschiessen, sobald man den Kreis des Magnetelektromotors schliesst. Sie haben oft eine beträchtliche Länge; ich habe deren solche beobachtet, die im gestreckten Zustande bis zur Axe in das Innere des

Haares hineinragten. An ihrem Ende tragen sie eine grössere oder kleinere Anschwellung, und man sieht sie in einer fortwährenden bald schwächeren bald stärkeren zitternden oder schlängelnden Bewegung begriffen.

Bisweilen sieht man neben den Fäden auch stärkere kolben- oder keulenartige Gebilde hervortreten.

Hatte die Einwirkung der Ströme einen gewissen Grad nicht überstiegen, so kann hierbei das Fliessen der körnerreichen Flüssigkeit im Zellenleibe noch eine Weile fortdauern, ja es kommt häufig vor, dass die Fäden und Kolben wieder verschwinden und der normale Zustand, so weit die Anschauung darüber Aufschluss gibt, wieder hergestellt ist. Bisweilen geschieht dies nur in einem Theile des Zellenleibes, während der andere nach und nach abstirbt. Wo ich dies beobachtete, war es die Spitze, welche abstarb, die im dickeren Theile des Haares gelegene grössere Partie des Zellenleibes, die sich erholte.

War die Einwirkung heftiger oder schliesst man den Kreis des Magnetelektromotors von neuem, so hört das Fliessen sofort auf und man sieht die Körnchen nur noch in einer unregelmässigen Bewegung, die ganz den Charakter der unter dem Namen der Molecularbewegung bekannten Erscheinung trägt.

Indessen hat sich das Ansehen der inneren Oberfläche noch mannigfach verändert, man sieht verschieden geformte Excrescenzen, sphäroidische Massen, die mit der Oberfläche nur durch einen ganz kurzen und dünnen Hals zusammenhängen und in denen einige Körnchen sich herumtummeln. Der innere Contour im Allgemeinen hat an Schärfe und Deutlichkeit verloren: im Innern des Zellenleibes sieht man oftmals Figuren wie von an einander gedrängten Blasenräumen entstehen.

In der bisher vollständig reinen und klaren Intracellularflüssigkeit erscheinen nun Körnchen, die zu kleinen Gruppen vereinigt Molecularbewegung zeigen. Ob sie an und für sich das eine am anderen haften, oder ob sie durch ein hyalines Bindemittel mit einander vereinigt sind, konnte ich nicht entscheiden. Diese Körnchengruppen mehren sich, sie verlieren ihre Bewegung und senken sich zu Boden, während zugleich die Bewegung der Körnchen im Zellenleibe, wenn dies nicht schon früher geschehen ist, vollständig aufhört.

Hiermit ist jede Lebenserscheinung an der Zelle erloschen. Der Zellenleib ist eine abgestorbene, trübe, körnige Masse, die sich nach einiger Zeit erst stellenweise, dann in grösserer Ausdehnung von der Zellwand abzulösen und zu schrumpfen pflegt, so dass man sie nach längerer Zeit oft als ein schlaffes schlauchartiges Gebilde in dem Gehäuse liegen sieht; bisweilen ist sie auch an einer oder mehreren Stellen zerrissen, wahrscheinlich weil sie dem Gehäuse local fester anhaftete und desshalb beim Schrumpfen einen Widerstand erfuhr, der schwerer als die Festigkeit des eigenen Baues zu überwinden war.

I. *Über ein heftiges Gewitter zu Vöslau am 6. Juni 1862.*

Von dem w. M. Dr. Ami Boué.

Am 6. Juni l. J. um 2 ½ Uhr zeigten schwere, schwärzliche, gegen dem Schneeberg aufgethürmte Wolken das nahe Anrücken eines Unwetters von SW. an, dann folgten bald Regengüsse und Säulen in der Entfernung. Zu Vöslau selbst fing das Gewitter mit einem schrecklich rollenden Donner, anscheinend über unseren Köpfen, an. Es war eine starke elektrische Entladung unter den hinziehenden Wolken. Bald aber fing das wahre Unwetter mit solcher Heftigkeit an, dass mehrere Leute eingestehen mussten, seit langer Zeit nichts so Furchtbares gehört zu haben, namentlich was die Zahl und die Grösse der Blitzstrahlen so wie die Schnelligkeit der sich folgenden Entladungen und das Donnergerassel betrifft. Das Gewitter war wie gewöhnlich von heftigen Regengüssen so wie von einigen schwachen Hagel-Niederschlägen begleitet. Wie es oft in solchen Fällen geschieht, blies der Wind auch theilweise in der entgegengesetzten Richtung derjenigen der Gewittersäule.

Was aber dieses Gewitter in der Dauer von einer halben oder dreiviertel Stunden besonders merkwürdig machte, sind die vielen Fälle, wo der Blitzstrahl den Erdboden traf und daselbst bedeutende Spuren seines Durchganges hinterliess. Uns wurden 10 solche Fälle bekannt, namentlich 6 zu Vöslau, einer nördlich ausser Vöslau, einer in Soos, einer in dem Gainfahrner, Gain genannten südlichen Weingebirge und einer in Baden. In letzterem Orte behauptet man, dass einige Herren dem Blitzstrahle so nahe waren, dass sie seine Hitze spürten. In Soos traf der Blitz eine grosse Pappel neben der Kirche, zerriss ihre Rinde und zerfetzte sie vorzüglich unten am Stamme, so dass das weisse Holz zum Vorschein kam. Hinter dem Vöslauer Bade glitt der Blitz längs einer alten und grossen Eiche nieder und bildete von oben bis unten auf dem Stamme eine äusserst regelmässige wie mit einem Hobel abgegrenzte 4- bis 5zöllige Rinne durch die Verbrennung oder Entfernung der Rinde, indem ausserdem in dieser Rinne sich eine zweite weniger tiefe und 1 — 2 Zoll breite im Holze des

Baumes selbst bildete. Weder Rinde noch Holz trägt eine Spur von Verkohlung und am Erdboden ist sonst nichts sichtbar.

Die neue Vöslauer Kirche traf auch zweimal der Blitz und daneben schlug es im Hofe des Fleischhauers ein. In der Kirche folgte er einer blechernen Rinne und an einer grossen eisernen Schliesse angekommen, senkte er sich zur Erde, besonders mittelst einer Ecke des Gebäudes und einer hohen Holzlondene, welche die elektrische Entladung zersplitterte und in Stücken weithin wegschleuderte. Das Holz war wie von Pulver theilweise geschwärzt. Sollte die verschiedene Wirkung des Fluidums auf diesem Holze und der Eiche vielleicht daher kommen, dass die Londene aus weichem, harzigem Holze bestand? Früher als dieser Blitzstrahl war ein anderer am vordern Theil der Kirche herabgeglitten. Zwei Arbeiter an einem eisernen Kranich fühlten elektrische Schläge an ihren Armen. Jeder war in einem andern Stock des Gebäudegerüstes, und erschreckt stürzten sie sogleich ohne Schädigung herunter. Endlich hatte ich das wissenschaftliche Vergnügen, den Blitz in meinem Weingarten, 14 Klafter von einem meiner Gebäude fallen zu sehen, obgleich in geringer Entfernung ziemlich hohe Häuser, Schornsteine mit eisernen Windfängen und Bäume in genügender Anzahl vorhanden waren.

Dieser Blitzstrahl (Wasserstrahl von den Landleuten genannt, weil er nicht zündete) war sehr mächtig; er erschien wie eine Feuersäule, welche wenigstens armdick war und vom Erdboden aus einen Bogen bildete. Das Geräusch und Geknister der Entladung war ausserordentlich. Am Orte, wo es einschlug, ward man gewahr, dass die Spitzen zweier Weinstöcke zerbrochen waren und auf der Erde lagen, dass vier oder fünf Weinreben unterhalb zerknickt waren und in einem etwas elliptischen Umfange von ungefähr 3 Klafter Länge und 4 Klafter Breite das etwas gelblich grün gewordene Laub aller Weinreben, in der Zahl von beinahe 64, herabhing und Stengel so wie Blätter welk aussahen. In den nächsten Tagen vertrockneten mehr oder weniger alle Reben, so dass nach 8 Tagen man wenigstens an der Hälfte der Rebenzahl fast nichts mehr als trocken bräunliches Laub vor sich hatte. Wie im Jahre 1861 bei dem ähnlichen Blitzschlage zu Gainfahrn, nur 150 Klafter von letzterem Falle entfernt (siehe Sitzungsberichte, Bd. 43, S 203), litten scheinbar die Reben im Centrum der Verheerungssäule mehr als die in der Peripherie, wo noch einige grüne

Blätter blieben. Am Boden ist nichts Besonderes zu sehen, indem im Jahre 1861 gewisse Theile des Bodens durchwühlt aussahen. Wie im Jahre 1861 hat sich das elektrische Fluidum wahrscheinlich auf diese 64 Weinstöcke und Reben vertheilt und auf diese Weise wurde ihre Wirkung geschwächt. Daher stammt auch die bogenartige Form des Fluidums beim Erdboden. Wie im vorigen Jahre trieben die Reben bald wieder von der Wurzel frei aus, denn ausser zwei zweijährigen Gruben wurde keine alte Rebe durch den Blitz getödtet. Dieser Fall ist ganz ähnlich demjenigen zu Semtschitz in Böhmen den 9. Juni, wo ein Blitzstrahl in eine Kirche drang, nur einen Menschen an dem Fenster, wo er heraustrat, tödtete und einige hundert Andächtige in der Kirche unbeschädigt liess.

Seit diesem Gewitter liessen sich Nachmittags mehrere Male Gewitterwolken am Himmel sehen und den 13. zwischen 3 und 4 Uhr Nachmittags fiel in Vöslau ein starker Regen ohne Blitz und Donner, während in Soos ein Hagelwetter verheerend wirkte und sich bis Baden erstreckte. Die Hagelkörner erreichten einzeln die Grösse eines Taubeneies, die meisten waren aber krystallinisch eckig, welche Form auf das Weinlaub so wie auf das Korn sehr schädlich wirkte. Am 16. Juli Abends von 9 — 11 Uhr herrschte wieder zu Vöslau ein starkes von Südwest hergekommenes Gewitter. Doch unter den zahlreichen Gewittersäulen traf der Blitz nur einmal eine Pappel im Friesischen Garten.

II. *Entdeckung einiger Leithakalk-Petrefacten in den obersten Schichten der Kalkdolomit-Breccien Gainfahrns.*

Von dem w. M. Dr. Ami Boué.

(Siehe Sitzungsberichte 1859, Bd. 37, S. 356.)

Es wurden namentlich daselbst solche Gesteine gefunden, welche nicht nur kalkige Seetangen (siehe Prof. Unger's Bericht, Sitzungsber. 1856, XXII. Bd., S. 796), Bruchstücke in Menge, sondern auch einige Fragmente von Bivalven wie Cardium, Pecten u. s. w. so wie mehrere Gattungen von Korallen enthielten. Einige der letzteren sitzen selbst auf noch ganz eckigen Kalktrümmern. Die ehemals

Celleporen irrig genannten Fucus-Fragmente werden leicht durch ihre weisse Farbe wie anderswo kennbar. Diese Breccien-Abarten treten scheinbar in den obersten Schichten dieser gegen Süd geneigten Breccienmasse hervor, so dass sie den Übergang von der bis jetzt als petrefactenleere gehaltenen Breccien in dem gewöhnlichen und wohl bekannten Leithakalk-Conglomerate vermitteln.

Diese letztere Thatsache lässt nun keinen Zweifel mehr übrig, über die wahre tertiäre und ganz und gar nicht secundäre Lage der reibsandführenden Dolomit-Breccien Gainfahrns, Vöslaus und Badens, welchen man so lange Jahre im Flötzgebiete versetzte, weil secundäre und selbst paläozoische Kalkbreccien solche Gesteine wie diese darhieten. Doch, ob eine von dieser wahren Dolomite Reibsand gibt, blieb uns unbekannt. Die für die Ausbeutung werthvollen Breccienlager in unserer Nachbarschaft sind ohne Petrefacten und finden sich nur im hohen Gebirgsabhang, weil sie die untersten Lager des schief liegenden ganzen Complexes bilden. Dieses zur endlichen Berichtigung eines groben Irrthums, an dem ich selbst Theil nahm. Doch, wie gesagt, wenn ich an den innigen Verband der Vöslauer Breccien mit den Badener und manchen anderen denke, erschrecke ich über die möglichen Folgen dieser Entdeckung und möchte im Interesse des wissenschaftlichen Fortschritts wünschen, dass man überall, wo Ähnliches vorkommt, diese neue Scala der Unterscheidung anlege oder mich eines Bessern belehre.

XVIII. SITZUNG VOM 26. JUNI 1862.

Se. Excellenz, der Herr Präsident A. Freiherr v. Baumgartner liest folgenden an ihn gerichteten Erlass Sr. k. Hoheit des durchlauchtigsten Herrn Erzherzog-Curators:

„Se. k. k. Apostolische Majestät haben mit Allerhöchster Entschliessung vom 14. d. M. die Wahl des wirklichen geheimen Rathes und Staatsministers Anton Ritter von Schmerling zum inländischen Ehrenmitgliede der kais. Akademie der Wissenschaften allergnädigst zu genehmigen geruht.

Mit derselben Allerhöchsten Entschliessung haben Se. k. k. Apostolische Majestät zu wirklichen Mitgliedern der kais. Akademie der Wissenschaften für die philosophisch-historische Classe:

Den Professor der classischen Philologie an der Universität zu Wien, Dr. Johann Vahlen und den Vice-Director des geheimen Haus-, Hof- und Staatsarchives Alfred Ritter von Arneth allergnädigst zu ernennen und die von der Akademie getroffenen Wahlen des Archivars der Stadt Prag K. J. Erben, des Ministerial-Secretärs im Staatsministerium Dr. Gustav Heider und des Professors der deutschen Rechtsgeschichte an der Universität zu Wien Dr. Heinrich Siegel zu correspondirenden inländischen Mitgliedern und des Professors an der Universität zu Bonn, Otto Jahn sowie des Tribunalrathes zu Dünkirchen, Charles Edmond Henri de Coussemaker [1]) zu correspondirenden ausländischen Mitgliedern der philosophisch-historischen Classe der kais. Akademie der Wissenschaften, ferner des Hofrathes und Professors Dr. Robert William Bunsen zu Heidelberg zum ausländischen Ehrenmitgliede und des Professors zu Heidelberg Dr. G. Kirchhoff, zum correspondirenden ausländischen Mitgliede der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kais. Akademie der Wissenschaften allergnädigst zu genehmigen geruht.

Hievon beehre ich mich, Euer Excellenz mit Beziehung auf die geschätzten Zuschriften vom 29. v. M., Zahl 378, und unter Rückschluss der übermittelten Wahlprotokolle in Kenntniss zu setzen.

Wien, am 23. Juni 1862.

Erzherzog Rainer m. p.“

[1]) Gegenwärtig Richter Lillien.

Herr Dr. Ad. Schmidl, Professor am k. Josephs-Polytechnicum zu Ofen, übersendet das Manuscript eines von ihm verfassten Werkes: „Über das Bihar-Gebirge".

Herr Regierungsrath Professor J. Hyrtl macht folgende Mittheilungen:

1. „Über den *Porus crotaphitico-buccinatorius* des Menschen."
2. „Über endlose Nervenfasern an der Anastomose des *Obturatorius* mit dem *Obturatorius accessorius.*"
3. „Über Gefässeigenthümlichkeiten vorschnellbarer Zungen."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia, Real, de Ciencias de Madrid, Memorias. Tomos III—V. Madrid, 1859—1861; 4°. — Resumen de las actas. 1853—1859. Madrid, 1857—1860; 8°. — Programa de premios. 1860, 1861, 1862; 4°.

American Journal of Science and Arts. Vol. XXXIII, Nr. 98. New Haven, 1862; 8°.

Anuario del Real Observatoire de Madrid. III. Año. 1862. Madrid; kl. 8°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1365. Altona, 1862. 4°.

Auerbach, Leopold, Über einen *Plexus myentericus*, einen bisher unbekannten ganglio-nervösen Apparat im Darmcanal der Wirbelthiere. Breslau, 1862; 8°.

Austria, XIV. Jahrgang, XXV. Heft. Wien, 1862; 8°.

Bauzeitung, Allgemeine, XXVII. Jahrgang, 4. und 5. Heft. Nebst Atlas. Wien, 1862; 4° und Fol.

Colmeiro, Don Miguel, La Botanica y los Botanicos de la Peninsula Hispano-Lusitana. (Obra premiada.) Madrid, 1858; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences. Tome LIV. Nr. 22. Paris, 1862; 4°.

Cosmos, XIe Année, 20e Volume, 25e Livraison. Paris, 1862; 8°.

Del Sotto, Le lapidaire du quatorzième siècle. Vienne, 1862; 8°.

Gesellschaft, Deutsche geologische, Zeitschrift. XIII. Band, 4. Heft, XIV. Band, 1. Heft. Berlin, 1861; 8°.

Gewerbe-Verein, nieder-österreichischer, Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1862, 6. und 7. Heft. Wien, 1862; 8°.

Istituto, I. R., Veneto di scienze, lettere ed arti, Atti. Tomo VIIe, Serie 3^a, Disp. 6^a. Venezia, 1861—1862; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XII. Jahrgang, Nr. 18. Wien, 1862; kl. 4°.

Mittheilungen des k. k. Artillerie-Comité. Jahrgang 1861, VI. Bd., 2. Heft, mit 12 Tafeln. Wien, 1861; 8°.

Review, The Natural History, — A Quarterly Journal of Biological Science. Nr. VI. April 1862. London; 8°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou, Bulletin. Année 1861. Tome XXXIV, Nr. 4. Moscou, 1861; 8°.

Society, The Natural History, — of Montreal, The Canadian Naturalist & Geologist. Vol. VII, Nr. 2. Montreal, 1862; 8°.

— Royal Geographical, of London, Proceedings. Vol. VI. Nr. 2. London, 1862; 8°.

Suess, Eduard, Der Boden der Stadt Wien nach seiner Bildungsweise, Beschaffenheit und seinen Beziehungen zum bürgerlichen Leben. Eine geologische Studie. Mit 21 Holzschnitten und 1 Karte in Farbendruck. Wien, 1862; 8°.

Wiener medicinische Wochenschrift, XII. Jahrgang, Nr. 25. Wien, 1862; 4°.

Grundzüge einer Molecularphysik und einer mechanischen Theorie der Elektricität und des Magnetismus.

Von Dr. S. Šubic.

(Auszug aus einer für die Denkschriften bestimmten Abhandlung. Vorgetragen in den Sitzungen am 27. Februar und am 13. März 1862.)

Erster Abschnitt.

Grundzüge einer Molecularphysik.

1. Um aus den Elementartheilchen der Materie ein Molecul entstehen zu lassen, wie es dem Wesen der Molecularerscheinungen entspricht, untersucht der Verfasser die Bewegungsgesetze zweier Elementartheilchen, welche ihren alleinigen materiellen Anziehungen nach dem Gravitationsgesetze unterworfen sind.

Bezeichnet man den Weg des zweien Elementartheilchens m_1 und m_2 gemeinschaftlichen Schwerpunktes mit s und seine Geschwindigkeit mit v, so ist

$$\left(\frac{ds}{dt}\right)^2 = v^2 = 0,$$

d. h. die alleinige Wechselwirkung von m_1 und m_2 zieht eine Bewegung nach sich, bei welcher der Schwerpunkt beider Massen unverrückt bleibt.

Bezieht man die Bewegung von m_1 und m_2 auf den während der gegenseitigen Annäherung unverrückt bleibenden Schwerpunkt, und sind d_1 und d_2 die ursprünglichen Abstände dieser Theilchen von diesem Punkte, so erhält man für die Geschwindigkeit v_1 des Theilchens m_1 bei dem zurückgelegten Wege x_1 den Ausdruck

$$v_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot \sqrt{\frac{2m_2 x_1}{d_1 (d_1 - x_1)}}; \qquad (1)$$

und für die Zeit, während welcher der Weg x_1 zurückgelegt wird, durch Integration den Ausdruck

$$t_1 = \frac{m_1 + m_2}{m_2} \cdot \sqrt{\frac{d_1}{2m_2}} \left\{ \sqrt{x_1 (d_1 - x_1)} + \frac{d_1}{2} \text{arc. cos} \left(\frac{d_1 - 2x_1}{d_1} \right) \right\} \quad (2)$$

Die Zeit, welche das Theilchen m_1 auf dem Wege d_1 zubringt, findet man aus der Gleichung (2), wenn man $x_1 = d_1$ setzt; diese ist

$$T_1 = \frac{\pi}{2} (m_1 + m_2) \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{d_1}{m_2} \right)^3}.$$

und analog die Zeit, welche die Masse m_2 braucht, um den Weg bis zu dem gemeinschaftlichen Schwerpunkte zurückzulegen,

$$T_2 = \frac{\pi}{2} (m_1 + m_2) \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{d_2}{m_1} \right)^3}.$$

Es besteht aber die Relation

$$\frac{d_1}{m_2} = \frac{d_2}{m_1},$$

folglich ist

$$T_1 = T_2,$$

d. h. die beiden Massen m_1 und m_2 kommen gleichzeitig am Orte des gemeinschaftlichen Schwerpunktes an und stossen daselbst zusammen.

Die Geschwindigkeiten V_1 und V_2, mit welchen m_1 und m_2 an einander stossen, erhält man aus der Gleichung (1), wenn man mit s_1 und s_2 die Entfernungen der Schwerpunkte der Massen m_1 und m_2 von dem gemeinschaftlichen Schwerpunkte im Momente des Zusammenstosses bezeichnet, und zwar

$$V_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{\frac{2m_2 (d_1 - s_1)}{d_1 s_1}}$$

und

$$V_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \sqrt{\frac{2m_1 (d_2 - s_2)}{d_2 s_2}}.$$

Berücksichtiget man die auf die von einander abprallenden Massen m_1 und m_2 wirkenden Kräfte und bezeichnet mit v' die Geschwindigkeit der Masse m_1 in der Entfernung x', so erhält man

in jenen Fällen, wo $m_1 = m_2$ und $s_1 = s_2$, also auch $d_1 = d_2$ und $V_1 = V_2$ ist, den Ausdruck

$$v' = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot \sqrt{2m_2 \left(\frac{1}{x' + s_1} - \frac{1}{d_1}\right)} \qquad (3)$$

Damit nun $v^2 = o$ wird, muss $x' + s_1 = d_1$ sein, d. h. m_1 erreicht die Entfernung, von welcher es ursprünglich ausgegangen war, mit der Geschwindigkeit Null und bewegt sich zufolge der Anziehung wieder zum Schwerpunkte des Systems.

Die Ausdrücke (1) und (3) verschaffen einen Aufschluss über das Verhältniss der Geschwindigkeiten, die das Theilchen bei seiner Hin- und Herbewegung an einem bestimmten Orte hat. In dem Ausdrucke (1) ist der Abstand der Masse m_1 vom Schwerpunkte ausgedrückt durch $d_1 - x_1$, in dem Ausdrucke (3) aber durch $x' + s_1$. Um die Geschwindigkeiten in derselben Entfernung vergleichen zu können, setzt man $d_1 - x_1 = x' + s_1$, und substituirt diesen Ausdruck in (3) und erhält

$$v' = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{2m_2 \cdot \frac{x_1}{d_1 (d_1 - x_1)}} = v_1$$

d. h. das zwischen dem Schwerpunkte des Systems und seiner ursprünglichen Lage hin und her oscillirende Theilchen erhält immer wieder dieselbe Geschwindigkeit, so oft es in dieselbe Entfernung vom Schwerpunkte des Systems gelangt.

2. Das vorliegende System der Theilchen m_1 und m_2 wollen wir ein Molecul nennen. In diesem Systeme bleibt der gemeinschaftliche Schwerpunkt selbst beim Zusammenstoss der Theilchen so lange unverrückt, als sich die lebendige Kraft nicht einseitig an einem Theilchen ändert. Besteht das Molecul im Allgemeinen aus n-Atomen, so müssen diese um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt so vertheilt sein, dass die Bedingung des im System unverrückbaren Schwerpunktes erfüllt wird. Diese Bedingung fordert aber eine symmetrische Lagerung der im Allgemeinen verschiedenartigen Theilchen desselben. — Dieses Molecul ist nicht nur frei von dem Widerspruche, der in der Annahme der anziehenden und zugleich abstossenden Kräfte der Materie liegt, sondern entspricht auch vollkommen der Forderung der mechanischen Wärmetheorie, nach der ungeachtet des Fortbestehens des Gleichgewichtes des

Molecularsystems die Atome desselben in continuirlicher Bewegung begriffen sein müssen.

3. Ein aus beliebig vielen Theilchen bestehendes Molecul unterscheidet sich nach dieser Theorie von einem Atom nicht nur durch die Quantität der Materie, sondern auch durch die an ihm hervortretende Gestalt. Diese Gestalt wird durch jene Fläche bestimmt, welche man in irgend einem Augenblicke durch die Schwerpunkte der oscillirenden Theilchen eines Moleculs gelegt denken kann. In der äusseren Erscheinung tritt diese Gestalt erst an Molecularsystemen auf, und zwar im Allgemeinen desto sinnenfälliger, je mehr die Atome des Moleculs den Raum, in welchem sie sich bewegen, ausfüllen.

Die Gestalt des Moleculs ist abhängig von der Gleich- und Ungleichartigkeit der dasselbe bildenden materiellen Theilchen. Aus der Moleculgestalt erklären sich die Gestalten krystallinischer Körper und der innere Bau derselben.

4. Aber nicht nur die innere Ursache der Gestalt des Moleculs, sondern auch die Ursache der Aggregationsform tritt in dieser Theorie deutlich hervor. Darnach wird ein Molecularsystem so lange flüssig sein, als die lebendige Kraft der oscillirenden Atome eine derartige Annäherung der Moleculcentra verhindert, bei welcher eine allseitige, mit Drehungen verbundene Beweglichkeit der Molecule zufolge ihrer Gestalt unmöglich wäre; nimmt die lebendige Kraft der Atome unter diese Grenze ab, so erhält das Molecularsystem eine äussere Gestalt und wird fest.

5. Die Untersuchung der Bedingungen des Gleichgewichtes und der Ursachen der Störung desselben im Innern eines Molecularsystems führt zu dem Schlusse, dass im Innern dann Gleichgewicht herrscht, wenn sich die lebendigen Atomkräfte und die Anziehungskräfte der Molecule gegenseitig aufheben. Je nachdem aber die einen oder die anderen Kräfte das Übergewicht erlangen, findet eine Annäherung oder eine Entfernung der Moleculcentra, d. h. eine Volumverkleinerung oder eine Volumvergrösserung Statt, und man erkennt, dass diese als Wirkungen der Wärme bekannten Erscheinungen ihre Ursache in der Ab- und Zunahme der lebendigen Atomkräfte haben. Wir müssen daher schliessen, dass die lebendigen Atomkräfte selbst in ihren äusseren Erscheinungen sich als Wärme kundgeben.

6. Zum Zwecke der Bestimmung der molecularen Zustände an der Trennungsfläche zweier Molecularsysteme werden die Kräfte p und p_1 auf die Flächeneinheit bezogen und durch

$$p = n.mv^2 - A \text{ und } p_1 = n_1 m_1 v_1^2 - A_1$$

ausgedrückt, worin m und m_1 die Massen der Molecule, n und n_1 die Anzahl derselben auf einer Flächeneinheit, v^2 und v_1^2 die lebendigen Kräfte der Masseneinheiten, A und A_1 aber die bezüglichen inneren Arbeiten bezeichnen.

Wird von den molecularen Anziehungen abgesehen und $A = A_1 = o$ gesetzt, so gibt die Relation

$$p : p_1 = nmv^2 : n_1 m_1 v_1^2$$

die Bedingungen für das moleculare Gleichgewicht der Gase.

Bezeichnet man mit d und d_1 die Dichten der Molecule und setzt v^2 einer irgendwie gemessenen Temperatur T proportional, so erhält man

$$p : p_1 = dT : d_1 T_1,$$

eine Relation, welche das vereinigte Mariotte-Gay-Lussacsche Gesetz ausdrückt.

Was den Proportionalitätsfactor k in der Relation

$$v^2 = k.T$$

anbelangt, so ist

$$v_0^2 = k.T_0 = k.273,$$

daher

$$k = \frac{v_0^2}{273},$$

d. h. setzt man die lebendige Kraft der Masseneinheit Atome bei $-273°$C. gleich Eins, so erhält k, welches wir das Äquivalent der Temperatur nennen wollen, den Werth des bekannten Ausdehnungs-Coëfficienten der Gase.

7. Durch die elastischen Medien, welche mit einem Molecularsysteme an der Oberfläche in Berührung stehen, können die der Grösse nach verschiedensten lebendigen Kräfte auf das Molecularsystem einwirken. Eine einwirkende lebendige Kraft bringt eine desto grössere räumliche, also desto sinnenfälligere Wirkung am Molecularsysteme hervor, je grösser jeder ihrer beiden Factoren ist. In dem Falle aber, wo die anstossende Masse im Verhältnisse zu der gestossenen unendlich klein ist, bleibt die gestossene Masse dem

Anscheine nach in Ruhe, dessenungeachtet muss die einwirkende Kraft in der unendlich grösseren Masse irgend eine Wirkung hervorgebracht haben, nur entzieht sich diese der directen sinnlichen Wahrnehmung, dafür aber treten in gewissen Fällen jene indirecten molecularen Erscheinungen auf, deren Ursprung wir in den imponderablen Agentien zu suchen gewohnt sind.

Berühren sich zwei Molecularsysteme von verschiedener lebendiger Molecularkraft, so tritt in beiden Systemen eine Gleichgewichtsstörung ein, welche damit beginnt, dass sich die lebendigen Molecularkräfte zwischen den zwei sich unmittelbar berührenden Moleculschichten an der Trennungsfläche vermittelst des molecularen Stosses gegenseitig übertragen. Die erste Schichte des molecularisch schwächeren Systems erhält die lebendige Kraft des stärkeren, und umgekehrt. In dem nächsten Augenblicke besteht also zwischen den ersten und zweiten Moleculschichten beider Molecularsysteme derselbe Unterschied an lebendiger Molecularkraft, der früher an der Trennungsfläche stattgefunden; demnach geht jetzt der Molecularstoss gleichzeitig in den zweiten Schichten beider Systeme vor sich etc. Das Resultat dieser Molecularbewegung ist dasselbe, als würde sich nur der Unterschied der lebendigen Molecularkraft fortpflanzen, und zwar so, dass die Fortpflanzung an der Trennungsfläche beginnend gleichzeitig sich über beide Systeme verbreitet, aber überall eine und dieselbe Bewegungsrichtung der Molecule mit sich bringt.

Es ist nichts natürlicher, als wenn wir für eine so bestimmte Molecularbewegung eine eben so bestimmte äquivalente Erscheinung erwarten. Um diese Erscheinung leichter zu erkennen, suchen wir ein neues Merkmal derselben aufzufinden. Bedenkt man, dass die Fortpflanzung lebendiger Molecularkraft in festen Körpern von nicht allseitig freien Moleculen vermittelt wird, so ersieht man, dass ein Theil der sich fortpflanzenden Molecularkraft zur Verrichtung innerer Arbeit verbraucht wird. Die innere Arbeit aber wird an den die Molecule bildenden Atomen verrichtet, d. h. der durch innere Arbeit herbeigeführte Verlust an der sich fortpflanzenden lebendigen Molecularkraft vermehrt die lebendige Kraft der Atome. Eine Vermehrung der lebendigen Atomkräfte zieht aber nothwendigerweise eine Volumvergrösserung nach sich. Da die Volumvergrösserung ohne Vermehrung der Masse als eine Wirkung der Wärme bekannt ist, so

schliessen wir, dass jener Verlust an lebendiger Kraft sich als Wärme manifestirt. Da nun die wärmeerregende Wirkung ein charakteristisches Merkmal der dynamischen Elektricität ist und wir ausser dieser für die in Frage stehende Molecularbewegung keine andere äquivalente Erscheinung finden, und überdies die Quelle beider, in der Berührung heterogener Molecularsysteme liegt, so sind wir genöthigt, die sich durch Molecularstösse fortpflanzende lebendige Molecularkraft als einen elektrischen Strom anzusehen.

8. Dehnt man die Untersuchung selbst auf jene unendlich kleinen lebendigen Kräfte aus, welche nicht einmal ganze Molecule, sondern nur noch einzelne Atome in Bewegung zu setzen vermögen, so lehrt die Rechnung, dass auch diese unendlich kleinen Kräfte sich durch Störungen des molecularen Gleichgewichtes fortpflanzen, indem die Bedingung des Gleichgewichtes des Systems bei Einwirkung solcher Kraft fordert, dass die Atome eines Moleculs nur gleichzeitige und dieselben aliquoten Änderungen ihrer lebendigen Kräfte erfahren dürfen, eine Bedingung, die von einer einseitig eindringenden Molecularkraft nie erfüllt werden kann.

9. Das Verhältniss der Grösse der sich fortpflanzenden P und der zu innerer Arbeit verwendeten Q lebendigen Molecularkräfte lässt sich in ihrer Abhängigkeit von den gegenseitigen Entfernungen r der Moleculcentra und der Amplituden ρ der Atome durch

$$P = \left(1 - k \cdot \frac{\rho}{r}\right) mc$$

und

$$Q = k \cdot \frac{\rho}{r} \cdot mc$$

ausdrücken. Aus dem Ausdrucke für Q ergibt sich in der Elektricitätstheorie die entgegengesetzte Wirkung der Temperaturerhöhung auf die Leitungsfähigkeit fester und flüsiger Elektricitätsleiter.

Zweiter Abschnitt.

Grundzüge einer mechanischen Theorie der Elektricität und des Magnetismus.

1. In der Molecularphysik wurde der Unterschied der lebendigen Molecularkräfte zweier sich berührender Molecularsysteme als

moleculare Ursache einer ganz bestimmten, von der Berührungsfläche in beiden Systemen gleichzeitig fortschreitenden Molecularbewegung bezeichnet und diese Molecularbewegung als elektrischer Strom erkannt. Wendet man dieselben Ausdrücke, aus denen sich dort das vereinigte Mariotte-Gay-Lussac'sche Gesetz ergeben hat, auf zwei sich berührende feste Molecularsysteme von verschiedenen Temperaturen T und t an, so erhält man für die Stärke p der elektrischen Molecularbewegung den Ausdruck

$$p = \alpha V V_1 d\,(nT - t) - A\,(n' - 1),$$

worin V und V_1 die Moleculvolumina, nd und d die Dichten, $n'A$ und A aber die inneren Arbeiten bezeichnen. Dieser Ausdruck lehrt, dass der thermoelektrische Strom im Allgemeinen der Temperaturdifferenz nicht proportional ist, dass aber diese Proportionalität durch den inneren Bau der Körper auf verschiedene Weise herstellbar ist.

Werden dieselben Ausdrücke auf zwei sich berührende feste Molecularsysteme von gleicher Temperatur, aber von verschiedener lebendiger Molecularkraft angewendet, so erhält man für die aus der Berührung entspringende elektrische Molecularbewegung den Ausdruck

$$p_1 = \alpha^1 . V V_1 t\,(d - d_1) - (A - A_1),$$

worin d und d_1 die Dichten, A und A_1 die inneren Arbeiten bedeuten; d. h. die Stärke des galvanischen Stromes nimmt mit dem Unterschiede der Dichten der Metalle zu, mit dem der inneren Arbeiten aber ab. Darnach ist bei gleichen inneren Arbeiten das dichtere Metall der stärkere Elektromotor. Da die Dichte der Metalle in der Elektromotorenreihe im Allgemeinen von Zink gegen Platin zunimmt, so ist ersichtlich, dass der Körper von grösserer lebendiger Molecularkraft oder der stärkere Elektromotor in metallischer Verbindung negativ elektrisch wird. Die durch Berührung zweier fester Körper herbeigeführte Änderung des Molecularzustandes besteht in dem sich durch beide Körper fortpflanzenden Unterschiede der lebendigen Molecularkräfte. Da die Bewegungsrichtung der Molecule in beiden Körpern dieselbe ist, so hat dieser sich fortpflanzende Unterschied an den entgegengesetzten Oberflächen bezüglich dieser Flächen selbst entgegengesetzte Richtung, und zwar an der Oberfläche des stärkeren Metalles nach Innen, an der des

schwächeren aber nach aussen. Da an beiden Oberflächen derselbe Unterschied lebendiger Molecularkraft aber bezüglich der Oberflächen in entgegengesetzter Bewegungsrichtung auftritt, so entstehen auf diesen Oberflächen gewisse gleich starke moleculare Gegensätze. Das Zusammenhalten dieser gleich starken molecularen Gegensätze mit der oben erkannten Thatsache, dass der stärkere Elektrometer negativ elektrisch wird, führt uns zur Erkenntniss, dass jene molecularen Gegensätze als entgegengesetzte Elektricitäten wahrgenommen werden, und dass die an der Oberfläche nach innen gehenden Molecularstossbewegungen als negative, die nach aussen gehenden aber als positive Elektricität auftreten.

2. Aus der Untersuchung der Elektricitätserregung durch Berührung von Metallen und Flüssigkeiten geht nicht nur hervor, dass die Metalle, einzeln in die Flüssigkeit getaucht, negativ elektrisch sind, weil ihre lebendige Molecularkraft grösser ist als die der Flüssigkeit, sondern das Resultat der Rechnung lehrt auch, dass in einer Verbindung von zwei Metallen das bei metallischer Verbindung positive Metall in der Flüssigkeit negativ elektrisch wird, und dass die Grösse der elektromotorischen Kraft wesentlich von der materiellen Beschaffenheit der Flüssigkeit abhängt.

3. Die Gleichheit der Stromstärke in allen Theilen des Schliessungsbogens erklärt sich aus der Übereinanderlagerung des gleichzeitig von beiden Polen ausgehenden Unterschiedes an lebendiger Molecularkraft. Bedenkt man, dass die molecularen Gegensätze an beiden Polen dieselbe Stärke s haben, und dass bei der Fortpflanzung von der lebendigen Molecularkraft in jedem Querschnitte eine gewisse Arbeit a verrichtet werden muss, so wird die Stärke der von einem Pole ausgehenden Molecularbewegung vorgestellt durch

$$s,\ s-a,\ s-2a,\ s-3a,\ \ldots\ s-(n-1)a,\ s-na,$$

wenn man im Schliessungsbogen n Querschnitte annimmt. Da die von dem anderen Pole sich mit gleicher Bewegungsrichtung der Molecule fortpflanzende Molecularkraft ursprünglich dieselbe Grösse und gleiche Widerstände zu überwinden hat, so wird sie im Leiter durch dieselbe Reihe vorgestellt, nur dass ihre Glieder in umgekehrter Ordnung zu stehen kommen

$$s-na,\ s-(n-1)a,\ \ldots\ s-3a,\ s-2a,\ s-a,\ s.$$

Wegen der gleichen Bewegungsrichtung addiren sich die beiden Molecularbewegungen, und die resultirende Molecularbewegung im Leiter wird ausgedrückt durch

$$2s - na,\ 2s - na,\ \ldots\ 2s - na,\ 2s - na,\ 2s - na:$$

d. h. die von beiden Polen ausgehenden Molecularbewegungen ergänzen sich in dem Schliessungsbogen zu einem in allen Querschnitten gleich starken elektrischen Strom.

4. Untersucht man die inneren Arbeiten oder Leitungswiderstände bei verschiedenen Querschnitten des Leiters und bedenkt, das sich die Summe Mv^2 der durch einen Querschnitt $= 1$ des Leiters in einen Würfel desselben eintretenden lebendigen Molecularkräfte unter die n-Molecule desselben vertheilt, so erhält jedes Molecul die lebendige Kraft mv^2. Ist aber der Querschnitt q, so wird Mv^2 von $q$mal mehr Moleculen aufgenommen, so dass jedes Molecul nur die lebendige Kraft $\frac{mv^2}{q}$ erhält.

Die innere Arbeit ist proportional der Wechselwirkung der Molecule, also beim Querschnitte $= 1$ zwischen zwei Moleculen

$$\rho . mv^2 . mv^2,$$

daher ist die innere Arbeit a_1 in einem Stücke des Leiters von der Länge $= 1$ und dem Querschnitte $= 1$ zwischen n-Moleculen

$$a_1 = \rho . \Sigma_1 mv^2 . \Sigma_1 mv^2.$$

Beim Querschnitte q entspringt aus der Wechselwirkung zweier Molecule die Arbeit

$$\rho . \frac{mv^2}{q} . \frac{mv^2}{q},$$

daher ist die innere Arbeit a_q in der Längeneinheit des Leiters, weil in jedem dem obigen Würfel gleichen Raume derselbe Vorgang stattfindet,

$$a_q = q\left[\rho \Sigma_1 \frac{mv^2}{q} . \Sigma_1 \frac{mv^2}{q}\right],$$

daher

$$a_1 : a_q = 1 : \frac{1}{q}$$

oder

$$a_1 = q a_q,$$

d. h. die innere in der Längeneinheit des Leiters von der sich fortpflanzenden lebendigen Molecularkraft zu verrichtende Arbeit

ist unter sonst gleichen Verhältnissen bei einem $q$mal grösseren Querschnitte $q$mal kleiner als beim Querschnitte Eins. Daraus folgt das allgemeine Gesetz des Leitungswiderstandes, und aus der Vergleichung der inneren Arbeit im ganzen Leiter und der sich fortpflanzenden lebendigen Molecularkraft das Ohm'sche Gesetz.

5. Die Untersuchung der aus einem festen Leiter in eine Flüssigkeit tretenden Molecularstossbewegung lehrt, dass im Allgemeinen die verschieden dichten Bestandtheile der Flüssigkeit verschiedene Geschwindigkeiten erhalten. Bezeichnet man mit mc^2 die lebendige Kraft der Flächeneinheit am Ende des Leiters, mit n_1 und n_2 die Anzahl der auf dieser Flächeneinheit liegenden Molecule oder Atome von den Dichten d_1 und d_2, mit $m_1 v_1^2$ und $m_2 v_2^2$ die den Moleculen sich mittheilenden lebendigen Molecularkräfte, so findet folgende Relation Statt:

$$\frac{mc^2}{n_1} = m_1 v_1^2 \text{ und } \frac{mc^2}{n_2} = m_2 v_2^2,$$

folglich

$$d_1 : d_2 = v_2^2 : v_1^2,$$

d. h. die lebendigen Kräfte der Masseneinheiten der Molecule oder Atome verhalten sich umgekehrt wie die Dichten dieser Bestandtheile. Da auf diese Weise die ungleich dichten Bestandtheile m_1 und m_2 einer Flüssigkeit beim Durchgange der elektrischen Molecularbewegung ungleiche Geschwindigkeiten erhalten, so müssen sie sich während der Bewegung von einander trennen.

Der Widerstand des Mediums, in welchem sich m_1 und m_2 bewegen, kann das Verhältniss der Geschwindigkeiten abändern, daher derselbe in Rechnung gezogen werden muss. Sind φ_1 und φ_2 die bewegenden Kräfte der Masseneinheiten von m_1 und m_2, so erhält man

$$\varphi_1 = \lambda \cdot \frac{d_1 r_1}{D}$$

$$\varphi_2 = \lambda \cdot \frac{d_2 r_2}{D},$$

worin D die Dichte des Mediums, r_1 und r_2 aber die Halbmesser der bewegten Massen m_1 und m_2 bedeuten. Aus diesen Ausdrücken geht hervor, dass im Allgemeinen die dichteren Bestandtheile grössere Wege zurücklegen als die weniger dichten.

Die Ursache der Elektrolyse liegt also in den verschiedenen Geschwindigkeiten, mit welchen die Molecularstossbewegung die verschieden dichten Bestandtheile zusammengesetzter Molecule fortbewegt. In allen Querschnitten der elektrolytischen Flüssigkeit bleiben die weniger dichten Bestandtheile zusammengesetzter Molecule hinter den dichteren zurück, und der Erfolg ist derselbe, als wenn die weniger dichten Bestandtheile an Ort und Stelle blieben, und die dichteren rücken an die weniger dichten der nächsten Querschnitte vor; daher finden zwischen den an einander gerückten Bestandtheilen neue Verbindungen Statt, während die weniger dichten des ersten und die dichteren Bestandtheile des letzten Querschnittes der Flüssigkeit, erstere weil keine dichteren nahe treten, letztere weil keine weniger dichten mehr voranstehen, mit denen sie sich verbinden könnten, unverbunden bleiben und ausgeschieden werden.

Was die Gesetze der Elektrolyse anbelangt, so ist besonders hervorzuheben, dass das Faraday'sche Gesetz nicht allgemein giltig, sondern nur ein specieller Fall ist und nur auf jene Elektrolyten Anwendung findet, in welchen sich die specifischen Wärmen umgekehrt wie die Äquivalentgewichte verhalten. Sind M und M_1 die gleichzeitig von einem und demselben Strome in Bewegung gesetzten Massen zweier Elektrolyten, A und A_1 aber die inneren Arbeiten in diesen Elektrolyten, so besteht die Relation

$$M : M_1 = A_1 : A.$$

Nun gibt es aber nach meinen anderweitigen Untersuchungen Molecularsysteme, in welchen die innere bei der Wärmebewegung der Molecule verrichtete Arbeit der specifischen Wärme der Körper proportional ist; bezeichnet man demnach mit S und S_1 die specifischen Wärmen zweier Elektrolyten von den inneren Arbeiten A und A_1, so hat man in solchen Fällen

$$S : S_1 = A : A_1.$$

Mit dieser Relation bringen wir das Dulong-Petit'sche und von Regnault erweiterte Gesetz in Verbindung, welches sagt, dass sich die specifischen Wärmen nicht nur der einfachen festen Körper, sondern auch die der Metalloxyde von gleicher chemischer Formel und aller zusammengesetzter Körper von gleicher atomistischer und ähnlicher chemischer Zusammensetzung umgekehrt wie ihre

Äquivalentgewichte verhalten. Die Äquivalente der vom Strome in Bewegung gesetzten Massen M und M_1 mit a und a_1 bezeichnend erhalten wir daraus

$$S : S_1 = a_1 : a$$

folglich

$$A : A_1 = a_1 : a,$$

d. h. es gibt eine grosse Gruppe von Körpern, in welchen sich die inneren Arbeiten umgekehrt wie ihre Äquivalentgewichte verhalten.

Und in diesen Fällen gilt das Faraday'sche Gesetz, denn es ergibt sich in seinem Wesen aus der Verbindung der ersten und letzten Relation, nämlich

$$M : M_1 = a : a_1.$$

Diese Relation gibt uns einen genügenden Aufschluss, warum und wann der Vorgang der Elektrolyse den Anschein bekommt, als würde zur Ausscheidung eines Äquivalentes von was immer für einer Verbindung dieselbe Elektricitätsmenge erforderlich sein.

6. Die Anwendung der Erklärung der Elektrolyse auf die Geissler'schen Röhren macht mit einemmale die scheinbar complicirten Vorgänge in denselben klar. Sobald der elektrische Strom durch eine Geissler'sche Röhre geleitet wird, worin sich ein Gas von verschieden dichten Theilmoleculen oder zwei Gase befinden, so tritt in den einzelnen Querschnitten derselbe Vorgang ein, wie in der elektrolytischen Flüssigkeit, die dichteren Molecule oder Theilmolecule treten vor die weniger dichten, und so entsteht alsbald eine völlige Sonderung der verschieden dichten Bestandtheile in abwechselnde Schichten von dünneren und dichteren Bestandtheilen. Die Volumina der einzelnen Schichten verhalten sich umgekehrt wie die Dichten, folglich auch die Längen der Schichten in einer gleichweiten Röhre umgekehrt wie die Dichten der Bestandtheile.

Da derselbe moleculare Impuls desto grössere Schichten gleichzeitig ergreift, je weniger dicht sie sind, so nimmt nothwendig auch die gewöhnliche Funkenlänge nicht nur mit der Leitungsfähigkeit, sondern auch mit der geringer werdenden Dichte des Mediums zu.

7. Die herrschende Elektricitätstheorie verwickelt sich in der Elektrolyse in Inconsequenzen, denn nach ihr ist der elektrische Strom im metallischen Leiter etwas wesentlich anderes als im

Elektrolyten; dort lässt sie die Fluida sich bewegen, hier die positiv und negativ elektrischen Theilmolecule. Seit aber W. Hittorf durch Versuche nachgewiesen, dass alle Bestandtheile an der Kathode ausgeschieden werden können, ist aber auch die Annahme positiv und negativ elektrischer Theilmolecule nicht mehr zulässig.

8. In einem metallischen Leiter, wo keine innere Arbeit auf chemische Zersetzung verwendet wird, muss die im Inneren bei der Überwindung der Widerstände verrichtete Arbeit in Form von Wärme auftreten. Die von der lebendigen Molecularkraft des elektrischen Stromes im Leiter erzeugte Wärmemenge findet man, wenn man die bekannte innere Arbeit nach der mechanischen Wärmetheorie in Wärme verwandelt. Bezeichnet man mit μ das mechanische Wärmeäquivalent und die der inneren Arbeit A entsprechende Wärmemenge mit W, so hat man

$$A = \mu W$$

und

$$W = \frac{A}{\mu} = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{a_1 l}{q},$$

worin a_1 die in der Längeneinheit des Leiters vom Querschnitte $= 1$ verrichtete innere Arbeit, l die Länge, q den Querschnitt des metallischen Leiters bedeutet. Setzt man für a_1 den oben gefundenen Ausdruck, so hat man

$$W = \frac{\rho}{\mu} \cdot \frac{l}{q} \cdot (\Sigma_1 m v^2)^2.$$

Bedenkt man, dass der Ausdruck $\Sigma_1 m v^2 = M v^2$, und dass $M v^2$ als die in den oben betrachteten Würfel eintretende lebendige Molecularkraft nichts anderes ist als die lebendige Kraft des durch die Grenzflächen dieses Würfels eintretenden Stromes S, also $M v^2 = S$, so erhält man für die von einem elektrischen Strome von der Stärke S in einem metallischen Leiter erzeugte Wärmemenge den Ausdruck

$$W = \frac{\rho}{\mu} \cdot \frac{l}{q} \cdot S^2,$$

d. h. die in einem und demselben Leiter vom Strome erzeugte Wärmemenge ist der Länge des metallischen Leiters und dem Quadrate der Stromstärke direct, dem Querschnitte des Leiters aber umgekehrt proportional. Vergleicht man damit jene Wärmemenge W_1, die von demselben Strome in einem anderen Leiter von der Länge l

und vom Querschnitte q, aber von einem specifischen Leitungswiderstande na_1 erzeugt wird, so erscheint letztere $n$mal grösser, nämlich

$$W_1 = \frac{n\rho}{\mu} \cdot \frac{l}{q} \cdot S^2;$$

diese Formel gibt den genauen Ausdruck für das Verhältniss der Erwärmung verschiedener Leitungsdräthe und zeigt, wie das Lenz-Joule'sche Gesetz aufzufassen ist.

9. Die Stärke der dem Medium mitgetheilten Molecularstossbewegung nimmt, wie jede andere fern wirkende Kraft, im Allgemeinen im quadratischen Verhältnisse mit der Entfernung ab.

Die Ursache der Wechselwirkung zweier elektrischer Ströme liegt nicht in dem Leiter, sondern in einer elektrischen Veränderung des Mediums. Die Thatsachen der Elektrolyse, der Geissler'schen Röhren und der ozonirten Luft beweisen, dass die Molecularstossbewegung des elektrischen Stromes eine totale Systemänderung des Mediums mit sich bringt. Demnach können die von der Molecularbewegung ergriffenen Atome des Mediums nicht mehr jene Bewegungen vollbringen, mit denen sie im natürlichen Zustande auf die Flächeneinheit einen gewissen molecularen Druck b ausüben. Der moleculare Druck des Mediums sinkt daher im Allgemeinen auf b_n herab, und zwar muss die Verminderung des molecularen Druckes auf die Flächeneinheit gerade proportional sein der daselbst auf die Raumeinheit wirkenden lebendigen Molecularkraft des Stromes, daher

$$b - b_n = \frac{\rho\lambda(\delta - 1)}{\mu^{n-1}} \cdot \frac{s}{r_n^2},$$

worin s die Stromstärke, r_n die Entfernung der n^t Schichte, in welcher der moleculare Druck untersucht wird, δ und μ aber zwei Übertragungsfactoren der elektrischen Molecularbewegung bezeichnen, so dass der Ausdruck

$$p_n = \frac{\lambda(\delta - 1)}{\mu^{n-1}} \cdot \frac{s}{r_n^2}$$

die Stärke der Einwirkung des elektrischen Stromes auf eine Raumeinheit der n^{ten} Schichte des Mediums ausdrückt.

Die elektrische Veränderung des Mediums ist bei einem Leiter allseitig gleich und stört nicht das Gleichgewicht desselben; bringt

man aber einen zweiten Leiter in solche Nähe, dass sich die Wirkungssphären beider Molecularbewegungen durchschneiden, so tritt im Durchschnittsraume eine resultirende Veränderung des molecularen Zustandes auf. Denn sind die auf die Raumeinheit des Durchschnittsraumes der Wirkungssphären bezüglichen lebendigen Molecularkräfte p_n und p_m, so hängt die resultirende Molecularbewegung in diesem Raume, weil die componirenden Bewegungen der elektrischen Molecularstösse longitudinal sind, von dem Ausdrucke ab

$$P^2 = p_n^2 + p_m^2 + 2p_n p_m \cos. \varphi,$$

wo φ den von den geradlinigen Strömen oder Stromelementen eingeschlossenen Winkel oder die gegenseitige Neigung der Stromrichtungen auf der Seite ihres Zusammenlaufens bedeutet. Während also an den diametralen Raumeinheiten respective die molecularen Druckunterschiede

$$b - b_n = \rho p_n$$

und

$$b - b_m = \rho p_m$$

stattfinden, ist der entsprechende Druckunterschied im Durchschnittsraume

$$b - b_{nm} = \rho P.$$

In der Ungleichheit dieser Druckkräfte liegt die Ursache der Bewegung leicht beweglicher Leitertheile. Sind die Leiter geradlinig und parallel, und haben die Ströme dieselbe Richtung, so ist

$$b_{nm} = b - \rho P = b_n - \rho p_m;$$

haben aber die Ströme entgegengesetzte Richtung, so ist

$$b'_{nm} = b - \rho P' = b_n + \rho p_m,$$

d. h. bei parallelen, gleichgerichteten Strömen ist der moleculare Druck auf die Flächeneinheit im Durchschnittsraume um eben so viel kleiner als der diametrale Druck, als er bei parallelen, in entgegengesetzter Richtung laufenden Strömen grösser erscheint. Bei parallelen Strömen von gleicher Richtung wird also der moleculare Druck im Durchschnittsraume unter jenen in den diametralen Räumen herabgesetzt, wesshalb ein Zusammendrücken der leicht beweglichen Leiter, also scheinbar eine Anziehung derselben erfolgt; bei parallelen Strömen von entgegengesetzter Richtung aber wird der

moleculare Druck im Durchschnittsraume grösser als in den diametralen Räumen, daher ein Auseinanderrücken, also scheinbar eine Abstossung der beweglichen Leiter eintritt.

10. Aus derselben Ursache ziehen die einzelnen Kreisströme eines Solenoids in der natürlichen Reihenfolge einander an, stossen sich aber ab, wenn man das Solenoid durchschneidet und der einen Schnittfläche das ursprüngliche Ende des abgeschnittenen Theiles nähert. Also hat das Solenoid nach dieser Theorie dieselbe magnetische Eigenschaft wie nach der Ampère'schen.

Nach dieser mechanischen Theorie erscheint ein Magnet als ein System kreisförmiger Molecularbewegungen und unterscheidet sich vom Ampère'schen Solenoid dadurch, dass dort anstatt der Molecularbewegung eine Bewegung elektrischer Fluida postulirt wird. Nach der Ampère'schen Theorie trat die Besorgniss ein, die entgegengesetzten Fluida könnten sich neutralisiren; hier haben wir es lediglich mit der Erhaltung lebendiger Molecularkräfte zu thun.

11. Die Wechselwirkung eines fixen geradlinigen und eines beweglichen Kreisstromes hat ein Drehungsmoment zur Folge von der Form

$$\rho \,.\, m_1 S \,.\, \sin \lambda,$$

worin m_1 die magnetische Kraft des Kreisstromes, S die Stärke des geradlinigen Stromes und λ den Neigungswinkel des geradlinigen Stromes und der Kreisebene vorstellt. Darin liegt die Ursache, dass sich der Kreisstrom, wenn er frei beweglich ist, unter dem Einflusse eines geradlinigen Stromes so stellt, dass die Kreisebene zum geradlinigen Strome jene parallele Stellung hat, bei welcher der geradlinige und der Tangentialstrom dieselbe Richtung haben, d. h. ein geradliniger Strom dreht einen Magnet so lange, bis er auf seiner Axe senkrecht steht. Da diese Drehung, wie es sich aus den sub 9 enthaltenen Ausdrücken ergibt, immer gegen den Winkelraum vor sich geht, welchen die zusammenlaufenden Ströme des Leiters und des Solenoids anzeigen, so muss ein von Süd gegen Nord über eine Magnetnadel geführter Strom den Nordpol derselben nach Westen hin ablenken. Diese Forderung entspricht dem Erfahrungssatze, den man mittelst der bekannten Stromfigur anwendet.

12. Die Inductions-Elektricität ist der Ausdruck der Störung des molecularen Gleichgewichtes durch eine ursprüngliche Molecularbewegung. In dem Momente, als sich die Molecularstossbewegung im ursprünglichen Leiter verbreitet, verändert diese den ursprünglichen molecularen Druck b und verwandelt ihn in b_n, so dass die Druckänderung $b - b_n$ beträgt; in demselben Momente zieht aber diese Änderung des molecularen Druckes in dem durch ein elastisches Medium getrennten, angrenzenden Leiter dieselbe Molecularbewegung nach sich, als wäre die lebendige Molecularkraft desselben so gesteigert worden, dass sie reihenweise gegen die Stellen hin, wo der veränderte molecularе Druck $b - b_n$ erscheint, Molecularstösse proportional der Grösse $b - b_n$ abgibt; daher sind die im benachbarten Leiter auftretenden Molecularstösse proportional der Wirkung des ursprünglichen elektrischen Stromes und haben beim Entstehen des Unterschiedes $b - b_n$ eine dem ursprünglichen Strome entgegengesetzte Richtung, beim Verschwinden desselben aber tritt die Herstellung des ursprünglichen molecularen Gleichgewichtes ein und erzeugt einen dem ersten gleich starken, aber mit dem inducirenden gleichgerichteten inducirten Strom. Auch ist daraus ersichtlich, dass bei einem constanten ursprünglichen Strome die Dauer des inducirten Stromes nur momentan sein kann.

13. Der Diamagnetismus erklärt sich aus geradlinigen Molecularbewegungen. Darnach ist ein diamagnetischer Körper ein geradliniger beweglicher Stromleiter, der sich unter dem Einflusse eines starken Magneten so lange dreht, bis das Drehungsmoment Null wird, d. h. der diamagnetische Körper stellt sich mit seiner Längsaxe parallel zu der senkrecht auf der Magnetaxe stehenden Polfläche des Magneten, daher ist seine Stellung bezüglich zweier einander gegenüber liegender Magnetpole äquatorial.

14. Dass die Erde ein Elektromagnet ist, folgt nicht nur aus der Theorie, nach der sämmtliche Magnete als Elektromagnete angesehen werden müssen, sondern dies beweisen auch De la Rive's schwimmender Strom und die letzten Versuche von Prof. Lamont. Näher bestimmt ist die Erde in dieser Beziehung ein Thermo-Elektromagnet, denn es gibt nur eine allgemeine, continuirliche und ausreichende Ursache der erdelektrischen Molecularbewegung, nämlich die Sonnenwärme.

Sieht man aber die elektrische Molecularbewegung in der Erde als Ursache ihres Magnetismus an, so erklärt sich auf einmal der Einfluss der mechanisch wirkenden Phänomene, des Erdbebens, der vulcanischen Eruptionen und Erschütterungen u. s. w. auf die örtliche Kraft des Erdmagnetismus, denn durch Erderschütterungen erleidet die Fortpflanzung der lebendigen Molecularkräfte Störungen, die sich in einer Verminderung der magnetischen Kraft offenbaren müssen.

Die Erfahrung der Japanesen, dass der Magnet beim Herannahen eines Erdbebens an Kraft verliert, macht den Einfluss der erdelektrischen Molecularbewegung auf Magnete ersichtlich und verdient nähere Beachtung.

Versuche und Beobachtungen am Blute.

Von **Dr. Alexander Rollett,**
Assistenten am physiolog. Institute der Wiener Universität.

(Mit 1 Tafel.)

Nebst krystallographischen und optischen Mittheilungen über die Blutkrystalle von Dr. V. v. Lang.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 8. Mai 1862.)

Aus einer grösseren Reihe von Versuchen und Beobachtungen am Blute, welche ich im verflossenen Winter angestellt habe, theile ich in den nachfolgenden Blättern Einige mit.

Ich mache den Leser vor Allem darauf aufmerksam, dass er manches von dem, was in dieser Abhandlung aufgenommen wurde, nicht sowohl als abgeschlossen und durchgearbeitet auffasse, sondern vielmehr als vorläufig festgestellte Thatsachen. Es wird voraussichtlich eine lange Zeit erfordern, um einzelne der gebotenen Arbeiten in ihrem vollen Umfange durchzuführen, überdies lassen sich aber viele der mitzutheilenden Versuche nur in der kalten Jahreszeit gut anstellen. Namentlich der letztere Umstand bestimmte mich, einige der bisher gewonnenen Resultate und Standpunkte schon jetzt zu publiciren.

I.

Aggregatszustand der rothen Blutkörperchen.

Ich werde hier einen Versuch beschreiben, welcher älteren Versuchen ähnlich ist, aber, wie mir scheint, in höherem Grade als diese uns über die Dehnbarkeit, Elasticität und Cohäsion der möglichst unveränderten feuchten Blutkörperchen belehren kann.

Um die Kräfte zu schätzen, mit welchen die kleinsten Theilchen mikroskopischer Gebilde ihre gegenseitige Lagerung zu erhalten suchen oder mit welchen sie aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht in dieselbe zurücktreten, stehen uns nur wenige Mittel zu Gebote.

Von quantitativen Bestimmungen, der Hauptsache bei derlei Untersuchungen im Grossen, kann natürlich keine Rede sein, wir dürfen uns aber gerade desswegen nicht damit begnügen, ein Gebilde nur einmal in dieser oder jener Richtung einem Zuge oder Drucke unterworfen zu haben, wir müssen uns vielmehr bemühen, in zeitlicher Folge möglichst viele verschiedenartige Drucke oder Züge auf dasselbe Gebilde auszuüben. Die Mannigfaltigkeit der Resultate, die Grenzen, zwischen welchen diese Mannigfaltigkeit eingeschlossen ist, werden uns dann wenigstens einigermassen eine Schlussfolge gestatten, die wir auf Zahlen zu basiren vorläufig ausser Stande sind. Für die Blutkörperchen entspricht unseren Forderungen ein Versuch, der zunächst damit beginnt, die Blutkörperchen in flüssigen Leim einzutragen und diesen dann gelatiniren zu lassen.

Wir mischen zu dem Ende frisches defibrinirtes Blut mit ganz reinem Leim, welchen wir uns selbst aus gereinigten Sehnen dargestellt und auf jede mögliche Weise von fremden Beimengungen befreit haben.

Der Leim muss für sich gestehend eine steife Gallerte bilden, die aber bei sehr niederen Temperaturgraden flüssig wird. Stücke derselben müssen in einem Gefäss mit dünnen Glaswandungen in der geschlossenen Hand gehalten, nur durch die Wärme der letzteren also bei sich verflüssigen.

Wenn man also verflüssigten Leim zu frischem defibrinirten Blut setzt, welches man durch längeres Halten in der andern Hand auf eine annähernd gleiche Temperatur gebracht hat, so bemerkt man, dass der Leim bis zu einem gewissen Grade zugesetzt, die äussere Form der Blutkörperchen und die Intensität ihrer Färbung nicht wesentlich verändert. Die Blutkörperchen der Frösche behalten ihre Grösse und Scheibenform bei, die des Menschen und der Säugethiere ebenfalls.

Hat man aber jene Grenze überschritten, innerhalb welcher der Leimzusatz in der beschriebenen Weise vertragen wird, so werden die Blutkörperchen blass, sie verlieren ihre Contouren und geben zunächst ihren Farbestoff an den Leim ab, dieser färbt sich roth, kurz sie erleiden dieselben Veränderungen wie durch Einwirkung von Wasser.

Um das für unsern Versuch erforderliche Verhältniss der Mischung zu treffen, ist es durchaus nothwendig, sich von den mit-

getheilten Thatsachen zu überzeugen. Es geschieht dies am Besten, wenn man die angefertigten Proben durch rasches Abkühlen zum Gelatiniren bringt und nur die erhaltenen Gallerten untersucht.

In dünnen Schnitten derselben wird man unterhalb der oben angeführten Grenze die Blutkörperchen unverändert, die Gallerte selbst aber ungefärbt antreffen, über jener Grenze wird man nur Reste der Blutkörperchen in der gefärbten Gallerte vorfinden.

So viel als Anleitung zu den Vorbereitungen unseres Versuches.

Ich habe stets gefunden, dass ein Volumtheil Leimgallerte von der beschriebenen Beschaffenheit und ein Volumtheil defibrinirten Blutes oder $1^1/_2$ oder 2 Theile des letzteren sich am Besten eignen.

Hat man sich diese Kenntnisse verschafft, dann unterliegt das weitere Verfahren keiner Schwierigkeit.

Ein dünnes Schnittchen der das Blut enthaltenden Gallerte bringt man auf einen Objectträger und drückt mit einiger Gewalt ein Deckgläschen darauf, dann sieht man unter dem Mikroskop:

1. Blutkörperchen, die vereinzelnt oder in Gruppen zusammen ruhig liegen, zu den mannigfachsten Formen und oft zu einer ihren Durchmesser um Vieles übertreffenden Länge ausgezogen, kurz man erhält Bilder wie sie Lindwurm[1]) durch Einwirkung zäher Gummilösungen erhalten hat, oder wie sie Hassall in geronnenem Faserstoff eingeschlossen beschreibt und abbildet[2]). Säugethier- und Froschblutkörperchen verhalten sich in dieser Beziehung vollkommen gleich.

2. Sieht man aber auch Blutkörperchen im Sehfeld sich bewegen.

Strömchen von Blut schiessen im Sehfeld nach verschiedenen Richtungen, in diesen Strömchen folgen die Blutkörperchen meist einzeln auf einander, und während sie sich unter den Augen des Beobachters weiter bewegen, erleiden sie rasch hinter einander die allerverschiedensten, amoebenartigen Formveränderungen. Die Erklärung ist nicht schwer zu finden. Durch den Druck des Deck-

[1]) Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und Pfeufer. Bd. VI, S. 266, Taf. IV, Fig. 3.

[2]) Mikroskopische Anatomie. Aus dem Englischen übersetzt von Kohlschütter. S. 49, Taf. II, Fig. 6.

gläschens entstehen in der steifen Gallerte, welche die Blutkörperchen einzeln oder in Herden zusammen liegend, in sich einschliesst, feine Sprünge und Risse; durch diese engen Klausen hindurch suchen sich aber die Differenzen jener Drücke abzugleichen, unter welche die einzelnen Blutherde beim Aufdrücken des Deckgläschens zufällig gelangt sind, daher das Fliessen; die Enge der Strombette, die Unebenheiten ihrer Ufer und die Fähigkeit der Blutkörperchen sich den Unebenheiten zu accommodiren, bedingen das Weitere.

Auch dieses Phänomen hat man aber in sehr geringem Grade ausgebildet, bekanntlich schon bei im noch kreisenden Blut der Frösche befindlichen Blutkörperchen beobachtet.

Man hat die Blutkörperchen in den Capillaren der Schwimmhaut namentlich bei entzündlichen Störungen sich gegenseitig zusammendrücken, sich durch enge Gefässe unter bedeutender Streckung hindurch zwängen, man hat sie an Theilungswinkel der Gefässe angeschleudert, sich um diese Winkel herumbiegen gesehen [1]).

Aber eine solche Mannigfaltigkeit, wie sie der obige Versuch darbietet, erinnere ich mich nie beobachtet zu haben und dies allein bestimmte mich, ihn hier zu empfehlen. Ich kann noch hinzufügen, dass er trotz der Complicirtheit, welche man *a priori* an demselben zu erblicken meint, doch bei einiger Ausdauer und Übung sicher gelingt.

Zergliedern wir nun die zu beobachtenden Erscheinungen weiter und sehen wir zu welchen Schlüssen sie uns führen.

Die Blutkörperchen des Frosches strecken sich in die Länge und nehmen die Form einer Spindel an; oder sie erscheinen in zwei oder mehrere von der Seite her rundlich begrenzte Wülste getheilt, die beim Weiterschreiten des Blutkörperchens wellenförmig über dasselbe ablaufen; oder aber sie erscheinen unregelmässig gewulstet und gefleckt, d. h. aus dünneren, ausgezogenen und blassen Stellen und aus dickeren aufgewulsteten und intensiver gefärbten zusammengesetzt, Bilder, welche sehr oft an die Abbildungen erinnern, welche Hensen (Siebold und Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. XI, Taf. 22, Fig. 5 *a—d*) gegeben hat. Wenn ich dies sage, so will ich damit, wie sich von selbst versteht, nicht behaupten, dass die Hensen'schen Bilder sich auch auf dieselbe Weise erklären. Auch unter den ruhig in der Leimgallerte eingeschlossenen Blut-

[1]) Henle sah in einer zähfliessenden Colloidmasse einmal Blutkörperchen in der Richtung der Strömung sich bedeutend verlängern. Canst. Jahresber. 1850, p. 32.

körperchen bemerkt man solche verzogene Formen. Häufig sieht man, wenn Blutkörperchen mit einer grossen Schnelligkeit durch gleichmässig weite Spalten hindurchtreten, also nahezu überall denselben Durchmesser haben, dass sie an ihrem stromaufwärts gelegenen Ende einen trichterförmigen Eindruck bekommen, indem die centralen Theile desselben den an der Wand gleitenden Schichten so weit voraus sind, als die Dehnbarkeit des Blutkörperchens gestattet.

Alle die beschriebenen Bilder wechseln an denselben Blutkörperchen mit einander ab, wie Beugungswellen laufen sie über dasselbe hin und so wie das Blutkörperchen den Klüften und Drücken, welche ihm diesen Formenwechsel aufzwingen, entronnen ist, wenn es frei in einen grösseren Tropfen Flüssigkeit (Serum) wieder gelangt, nimmt es, seinen eigenen Kräften überlassen, eben so rasch seine alte elliptische Scheibenform wieder an.

Wenn wir aber die in einem Strömchen sich folgenden Blutkörperchen im Einzelnen aufmerksam betrachten, so sehen wir, dass an jedem an demselben Orte des Stromes dieselben Veränderungen sich mit grosser Regelmässigkeit oft lange Zeit hinter einander wiederholen.

Während dieser langen Kette von Veränderungen habe ich niemals ein Platzen, ein Ausrinnen eines Blutkörperchens gesehen, wohl aber kommt es vor, dass ein Blutkörperchen an einer Stelle haften bleibt, dann zieht sich von dieser Stelle ein Fortsatz aus, der endlich entzwei reisst; der Theil des zerrissenen Fortsatzes, welcher noch am Blutkörperchen hängt, zieht sich dann wieder in dasselbe ein, und dieses treibt unter mannigfachen neuen Formveränderungen weiter, ja noch mehr, es ereignete sich ein paarmal, dass der ganze Kern aus dem Blutkörperchen herausgerissen wurde, ohne dass dieses letztere dadurch eine merkliche Veränderung in Beziehung auf seine Durchmesser und seine Widerstandsfähigkeit beim weiteren Fliessen erlitt.

Die Blutkörperchen der Säugethiere und des Menschen verhalten sich beim obigen Versuche denen des Frosches sehr ähnlich, sie bieten denselben Formenwechsel, dieselbe Mannigfaltigkeit von Bildern dar, ja das Ausziehen von Fortsätzen und Abreissen derselben findet hier, wenn die Blutkörperchen zufällig die sogenannte sternförmige Verschrumpfung erlitten haben, noch viel häufiger und ausgedehnter Statt, als bei den Froschblutkörperchen.

Ich habe das Blut des Menschen, des Hundes, des Schweines und des Meerschweinchens auf diese Weise untersucht.

Die Blutkörperchen bestehen also, dies ist der unmittelbare Ausdruck für die erhaltenen Resultate ihrer Hauptmasse nach aus einer in hohem Grade dehnbaren Substanz von einer in weiten Grenzen vollkommenen Elasticität. Die mannigfachsten und abweichendsten Formen können ihnen durch äussere Kräfte aufgezwungen werden, hören diese zu wirken auf, so kehren die kleinsten Theilchen derselben wieder in ihre frühere Gleichgewichtslage zurück.

Wahrnehmungen, welche uns berechtigen würden, sichtbar neben einander liegende Theile eines dichten Balges und eines flüssigen Inhalts an den Blutkörperchen zu unterscheiden, haben wir bei dem beschriebenen Versuche keine gemacht.

Ja wir können diejenigen, welche von einer Membran und einem flüssigen Inhalte sprechen, ganz unverholen fragen, wie man sich erklären soll, dass eine mit Flüssigkeit erfüllte Blase, die wieder in einer Flüssigkeit schwimmt, von zwei nach Aussen convexen oder concaven Flächen und einer elliptischen oder kreisförmigen Zone von bestimmter Höhe begrenzt ist, wenn die Membran dieser Blase in allen ihren Theilen einen so hohen Grad von Dehnbarkeit besitzt, wie es die obigen Versuche verlangen. Wie man sich das Ausziehen langer Fortsätze aus diesen Blasen, das Abreissen derselben ohne ein Platzen, ohne ein Ausfliessen erklären soll?

Wir werden uns also den Betrachtungen anschliessen müssen, welche Brücke[1]) über die Einwirkung von Reagentien auf die Blutkörperchen angestellt hat.

Andererseits werden wir aber in den nachfolgenden Abschnitten auf Erscheinungen stossen, welche die Blutkörperchen auf verschiedenartige anderweitige Einflüsse darbieten und welche sich alle ganz gut mit dem Resultat unseres ersten Versuches, niemals aber mit der Annahme vereinigen lassen, dass die Blutkörperchen Zellen nach Schwann'schem Schema darstellen.

Da wir uns einer ausführlichen Kritik jener, welche das letztere für die Blutkörperchen noch festhalten, vorläufig begeben haben, so war die Mittheilung des beschriebenen Versuches, als unseren Standpunkt bezeichnend, an ihrem Platze.

---

[1]) Die Elementarorganismen. Diese Sitzungsberichte. Bd XLIV, 388—390.

II.

Veränderungen, welche das Blut durch das Frieren erleidet.

Bald nachdem ich angefangen hatte, mich mit den hier niedergelegten Untersuchungen zu beschäftigen, theilte mir Herr Professor Brücke mit, dass er während seiner Untersuchungen über die Ursachen der Blutgerinnung, als er die Versuche von Hewson über das Gerinnen gefrorenen und wieder aufgethauten Blutes wiederholte, die Beobachtung machte, dass das so behandelte Blut durchsichtig wie Lackfarbe wurde. Durch den Einfluss des Gefrierens mussten also die Blutkörperchen, welche frisches Blut selbst in dünnen Schichten undurchsichtig machen, verändert worden sein.

Diese mir mitgetheilte Thatsache habe ich weiter verfolgt.

Ich verwendete stets frisches defibrinirtes Blut zu den Versuchen. Dasselbe wurde in dünnen Schichten in Platingefässen durch eine Frostmischung zum raschen Frieren gebracht, so dass sich nicht einzelne Eisnadeln nach und nach ausbilden konnten, sondern die ganze Masse zu einem dichten Kuchen mit matter oder fein radienartig gestreifter Oberfläche zusammenfror.

So wie das Frieren vollendet war, wurde das Blut wieder aufgethaut.

Wird das Blut des Kaninchens oder des Schweines oder des Meerschweinchens zu diesen Versuchen benützt, so findet man unter dem Mikroskope in einem Tropfen des wieder aufgethauten Blutes gewöhnlich keine Spur der rothen Blutkörperchen mehr. Das ganze Blut ist eine homogene rothe Flüssigkeit geworden, in welcher man nur noch die weissen Blutzellen entdecken kann.

Der Farbestoff der Blutkörperchen hat sich im Serum aufgelöst. Wir können eine Portion des durchsichtig gewordenen Schweine- oder Kaninchenblutes in etwa 10 Centim. lange dünne Glasröhren einfüllen und dieselben lothrecht an einem kühlen Orte gegen Verdunstung geschützt aufstellen. Neben jedes der Röhrchen bringen wir zur Gegenprobe ein zweites, welches mit unverändertem defibrinirten Blut desselben Thieres angefüllt ist.

Während sich in dem letzteren nach kurzer Zeit die Blutkörperchen zu Boden senken und eine Schichte von ungefärbtem oder wenig tingirtem Serum unter der Oberfläche sichtbar wird, sehen wir im durchsichtig gewordenen Blute, abgesehen von der Sedimen-

tirung der weissen Blutkörperchen und zufällig vorhandenen Faserstoffpartikelchen keine Schichtung in der rothen Flüssigkeit eintreten, die hier gerade durch Nuancirungen in der Farbe vom unteren zum oberen Ende sich auffallend kenntlich machen müsste. Warum ich das Blut des Meerschweinchens zu diesem letzteren Versuche nicht empfehlen konnte, wird sich später ergeben.

Es genügt aber nicht immer ein einmaliges Frieren und Wiederaufthauen, um die Blutkörperchen vollständig unsichtbar zu machen.

Beim Blut des Hundes und des Menschen ist das letztere in der Regel der Fall.

Wenn man aber die Procedur des Frierens und Wiederaufthauens öfter hinter einander wiederholt, so sieht man, dass man sich dadurch immer mehr und mehr denjenigen Veränderungen annähert, welche das Blut der früher aufgeführten Thiere schon nach einmaligem Frieren erleidet.

Gerade diese successiven Veränderungen sind aber wieder einer näheren Betrachtung werth.

Schon nach einmaligem Frieren sieht man am Hunde- und Menschenblut, dass die grösste Menge der Blutkörperchen ihren Farbestoff an das Serum abgegeben hat.

Viele der Blutkörperchen sind verblasst, ohne dass sie ein Merkliches an Grösse eingebüsst hätten.

Die meisten sind kugelig geworden und haben einen viel geringeren Durchmesser.

Nach jedem neuen Frieren und Wiederaufthauen mehrt sich die Zahl der letzteren und zuletzt nimmt man nur mehr wenige oft kaum mehr sichtbare Scheibchen als die letzten Überreste der rothen Blutkörperchen wahr, bis endlich auch diese verschwinden.

Den besten Einblick in alle diese Verhältnisse verschafft man sich durch directe Vergleichung, wenn man zu einem auf dem Objectträger gebrachten Tropfen des erfrornen Blutes von der Seite her einen Tropfen desselben aber nicht erfrornen Blutes treten lässt, welches man vor Anstellung der Versuche gegen Verdunstung geschützt, bei Seite stellte.

So lange man noch Reste der Blutkörperchen wahrnimmt, haben dieselben ein durchaus glattes, scharfbegrenztes Ansehen, sie erscheinen niemals krümmlig oder gerissen, und wenn wir sie quetschen oder durch rasche kurze Stösse, die wir mit einer Nadel

auf das Deckglas ausüben, im Sehfeld schwimmen und auf einander stossen lassen, so finden wir an ihnen noch eine ähnliche Dehnbarkeit und Elasticität, wie an den intacten Blutkörperchen.

Wenn wir alle weiter gehenden Schlüsse vermeidend, das zusammenfassen, was die mitgetheilten Versuche unmittelbar ergeben, so ist hervorzuheben, dass die Blutkörperchen beim Frieren für's Erste ihren Farbestoff, wenigstens zum grössten Theil an das unveränderte Serum abgaben.

Dass sie sich dabei vollständig auflösen oder aber als blasse, ungefärbte Klümpchen zurückbleiben von einer änlichen Consistenz wie die unveränderten Blutkörperchen.

Dass diese Reste sich nachträglich bis zum völligen Verschwinden verkleinern können, dass sie aber oft auch wenn sie an Grösse noch wenig eingebüsst haben, schon vollständig blass und ungefärbt erscheinen.

Es kann sich also der Farbestoff zugleich mit dem ganzen Substrat des Blutkörperchens auflösen, oder es bleibt ein grösserer oder geringerer Theil des letzteren im entfärbten Zustande zurück. Leider besitzen wir im letzteren Falle keinen Anhaltspunkt zu entscheiden, ob der Farbestoff etwa zuerst in das umgebende Serum gelange, weil er vorzüglich in den oberflächlichen Theilen der schichtweise zerstörten Blutkörperchen angehäuft ist oder aber ob er in Folge anderweitiger durch die Einwirkung der Kälte hervorgerufener Veränderungen jener Substanz, in welche er früher infiltrirt war, entlassen wird?

Später mitzutheilende Erfahrungen werden zeigen, dass die eben gestellten Fragen mit Grund aufgeworfen wurden.

Ich will nun die Veränderungen beschreiben, welche die Froschblutkörperchen beim Frieren erleiden.

Das Froschblut hat nach dem Frieren und Wiederaufthauen ein dem ebenso behandelten Säugethierblut ähnliches Ansehen. Es hellt sich aber niemals in dem Grade auf, wie das letztere, weil erstens die Kerne der Blutkörperchen stets wenig verändert zurückbleiben und weil zweitens die Blutkörperchen selbst eine grössere Resistenz haben als die der Säugethiere.

Durch wiederholtes Frieren und Aufthauen bringt man auch hier die Veränderungen der Blutkörperchen successive vorwärts.

Auch hier finden wir, dass der grösste Theil des Farbestoffes der Blutkörperchen gleich anfänglich in das Serum übertritt.

Unter dem Mikroskop fallen vor Allem die Kerne der veränderten Blutkörperchen in die Augen.

Diese Kerne sind von einem blassen Hof umgeben, der die Gestalt des ursprünglichen Blutkörperchens besitzt oder aber von einer kreisförmigen Contour eingefasst ist.

Dieser blasse Hof um den Kern, der Überrest des ursprünglichen Blutkörperchens, ist aber sehr häufig auch unregelmässig, jedoch immer von glatten Contouren begrenzt.

Die Gestalt des Blutkörperchens ist noch theilweise erhalten nur an einem Ende, wie eingedrückt, oder abgehackt oder an mehreren Stellen wie durch scharfe Schnitte zugestutzt und darum eckig, oft sind diese Winkel ausgezogen und die in denselben zusammenlaufenden Contouren eingebogen.

Dabei sind sie wieder weich und dehnbar mehr noch als im frischen Zustande.

Häufig findet man im Sehfeld zerstreut kernlose, runde oder eckige Formen vor, welche sich wie abgetrennte Theile jener Substanz ausnehmen, welche in der beschriebenen mannigfachen Weise noch mit dem Kerne zusammenhängt.

Mit dem Blute des Hechtes kam ich zu ganz ähnlichen Resultaten wie mit dem Froschblute.

Eine besondere Erwähnung verdienen die Kerne der Blutkörperchen.

Sie verändern ihre Gestalt im Allgemeinen sehr wenig, merkwürdig ist aber das Auftreten grosser Vacuolen in denselben.

Frische Kerne zeigen, wie bekannt, ein granulirtes Ansehen.

Auch unter den Kernen des erfrorenen Blutes sieht man solche, welche ein den unveränderten Kernen ähnliches Ansehen darbieten, man überzeugt sich aber hier sehr leicht, dass die Punkte, welche man an den Kernen wahrnimmt, kleine, von der eigentlichen Kernsubstanz umgrenzte Lücken sind.

Einzelne dieser letzteren erweitern sich aber, während andere verschwinden; oft findet man dann nur eine ganz geringe Anzahl solcher zu Vacuolen erweiterter Lücken in der Substanz eines Kernes, oft ist die Hälfte eines Kernes von einer einzigen solchen Vacuole eingenommen, während die andere Hälfte noch das fein gezeichnete

Ansehen des frischen Kernes bewahrt. Sehr häufig findet man aber auch in einem Kerne eine einzige Vacuole, um welche die Substanz des Kernes in Form eines scharf begrenzten Ringes herumliegt. Die beigegebenen Abbildungen (Taf. I, Fig. *A*) werden das hier Beschriebene am Besten verdeutlichen, und jeder wird sich leicht von diesen auf eine ganz besondere Structur und weiche geschmeidige Beschaffenheit wenigstens der inneren Theile des Kernes hinweisenden Verhalten leicht überzeugen. Ein einigermassen solides Gebilde könnte doch unmöglich ein solches mannigfaltiges Verstreichen oder Grösserwerden von in seinem Innern vorhandenen Lücken darbieten.

Ich muss am Schlusse dieses Abschnittes noch einer Beobachtung am Menschen besonders erwähnen.

Es interessirte mich, nachdem ich die obigen Versuche angestellt hatte, einmal die Leiche eines erfrorenen Menschen zu sehen.

Ich ersuchte daher meinen Collegen Dr. Schott mir davon Nachricht zu geben, wenn ein solcher Fall zur Beobachtung käme.

Zufällig ereignete es sich, dass schon in den nächsten Tagen die Leiche eines in einem Keller erfrorenen Arbeiters zur sanitätspolizeilichen Obduction kam.

Ich erhielt Blut aus dem Herzen dieser Leiche. Dasselbe hatte keine wesentlichen Veränderungen erlitten und ich verwendete es zu weiteren Versuchen.

Dagegen war in den Gefässen der Haut stellenweise lackfarbenähnlich durchsichtiges Blut enthalten und die mikroskopische Untersuchung ergab an diesem Blute dieselben Veränderungen, wie wir sie an den in der Frostmischung erfrorenen Blutproben wahrnahmen. An diesen Stellen hatte aber die Haut ein eigenthümlich hellrothes Ansehen, welches daher rührte, dass aus den Gefässen das im Serum aufgelöste Blutroth in das umgebende Gewebe diffundirt war.

III.

Krystallbildung im Blute.

Ich hatte meine ersten Versuche über die Einwirkung hoher Kältegrade zufällig am Meerschweinchenblut gemacht und fand alsbald dass ein Tropfen des durchsichtigen aufgethauten Blutes auf dem

Objectträger zu einem dicken Brei der schönsten Hämatoglobulin-Krystalle gestand.

Ein neuer Weg für das Studium der Krystallbildung im Blute war mir damit eröffnet, und ich versäumte es nicht ihn zu betreten, da es mir schien, man habe auf die Krystallisation des Hämatoglobulin aus dem unveränderten Serum, nachdem man das Blut einer so einfachen Procedur unterworfen, wie die des Frierens und Wiederaufthauens ist, ein besonderes Gewicht zu legen.

Wir haben, wie gesagt, früher gesehen, dass der Blutfarbestoff im unveränderten Blutserum aufgelöst wird, wenn wir den Bestand der rothen Blutkörperchen durch Frieren des Blutes gefährden.

Die unveränderten Blutkörperchen halten denselben an sich. Die Art und Weise, wie dieses geschieht, kann freilich nicht näher angegeben werden, aber gewiss ist es, dass man sich nicht vorstellen darf, dass der Blutfarbestoff nur in Folge seiner Unlöslichkeit in den Serumsalzen in den Blutkörperchen zurückgehalten wird.

Man hat dies hie und da gethan, gestützt auf eine Angabe von Berzelius, dass der Blutfarbestoff in einigermassen concentrirten Lösungen von Salzen mit alkalischer Basis unlöslich ist.

Aber in unserem Versuch hat sich die Concentration des Serum nicht in der Weise geändert, dass man annehmen könnte, es sei vor dem Frieren blos durch die Zusammensetzung des Serums eine Diffusion verhindert worden, die nach dem Frieren und Wiederaufthauen in so ausgedehntem Masse auftritt.

Es müssen vielmehr die Blutkörperchen, wie schon gesagt, im intacten Zustande den Farbestoff selbsthätig durch physikalisch-chemische Bedingungen, welche in denselben gelegen sind, an sich halten, wir werden noch weitere Gründe für diese Ansicht kennen lernen.

Beschäftigen wir uns jetzt mit der Krystallisation jenes Blutkörperchenbestandtheiles, welcher mit der Farbe zugleich von demselben an das Serum übergeht.

Zu diesen Versuchen wurde das Blut vom Meerschweinchen, Eichhörnchen und Hund; Menschen-, Kaninchen- und Schweineblut, endlich das Froschblut verwendet. Durch die Reihenfolge der aufgezählten Species ist die Leichtigkeit, mit welcher die Krystallbildung im Blute erfolgt, dargestellt.

Immer wurde das Blut so lange der Procedur des Frierens und Wiederaufthauens unterworfen, bis es vollständig lackfarben-

ähnlich durchsichtig, oder doch die Blutkörpercheu möglichst vollständig verändert (Frosch) waren.

Beim Meerschweinchen und Eichhörnchen genügt ein einmaliges Frieren und Wiederaufthauen, wenn das Erstere nur möglichst rasch vor sich geht.

Anfangs liess ich das Blut frieren, so wie es aus der Ader floss, später bediente ich mich aber ausschliesslich des defibrinirten Blutes.

Denn bei den zwei zuletzt genannten Blutarten fällt der erste Anfang der Krystallbildung in eine Zeit, die nicht sehr weit hinter der Vollendung der im wieder aufgethauten Blut eintretenden Gerinnung liegt.

Lässt man den Blutkuchen sich bilden und die Krystallisation eintreten, so hält es schwer die Krystalle vom Coagulum zu trennen und andererseits lässt sich auch mit grösster Wahrscheinlichkeit behaupten, dass gerade das Festwerden und die folgende Contraction des Faserstoffes störend in die Ausbildung der Krystalle eingreifen würden.

Vergleichende Versuche haben die Richtigkeit dieser Voraussetzung dargethan.

Versucht man es aber in dem eben aufgethauten Blut den Faserstoff auszuschlagen, so ist damit wenig gewonnen, da man ja gerade wieder zu der Zeit, wo möglichste Ruhe das Heranwachsen der Krystalle befördern soll, die Flüssigkeit unter einander peitscht.

Man ist also, wenn man ausgebildete Krystalle in beträchtlicher Menge erhalten will, selbstverständlich darauf angewiesen, sich des defibrinirten Blutes zu bedienen.

Die Methode für die Darstellung der Krystalle im Grossen allerdings mühsam, für die Darstellung grosser Krystalle und die Beobachtung des Ganges der Krystallbildung im Blute im hohen Grade zu empfehlen, ist also folgende:

In eine Frostmischung aus Schnee und Chlorcalcium wird eine Reihe von Platintigeln gestellt. In jedem derselben wird sodann eine geringe Menge frischen fibrinfreien Blutes gegossen, so dass dasselbe rasch in seiner ganzen Masse zusammenfriert.

Nachdem es etwa eine halbe Stunde in der Frostmischung gestanden hat, lässt man es langsam aufthauen, giesst den Inhalt je eines Tigels in ein entsprechendes Pulverglas, so dass der Boden des letzteren etwa von einer 15 Millim. hohen Blutschichte bedeckt

ist und stellt ihn nun an einen kalten und gleichmässig temperirten Ort zum Krystallisiren hin.

Nach kurzer Zeit hat sich bereits ein dickes Sediment von grossen und wohl ausgebildeten Krystallen abgesetzt.

Diese Methode unterscheidet sich, wie man sieht, von den bisher in grösserem Massstabe ausgeführten vor Allem dadurch, dass die Verdünnung des Blutes mit Wasser wegfällt.

Die krystallisirbare Substanz des Blutes krystallisirt sofort, wenn man die Blutkörperchen, an welche sie im amorphen Zustande gebunden ist, zu Grunde richtet. Das letztere, was man sonst durch Wasserzusatz erreichte, lässt sich eben so auch durch den Act des Frierens bewerkstelligen.

Hier löst sich der Farbestoff im unveränderten Serum auf und aus dem letzteren krystallisirt beim ruhigen Stehen das Hämatoglobulin.

Lehmann hat als förderlich für die Krystallbildung aus verdünntem Blut das abwechselnde Einleiten von Sauerstoff und Kohlensäure angegeben, eine Thatsache, welche ich anzuzweifeln keinen Grund habe.

Wir haben uns aber dieser Beihilfen entschlagen und ein gleichgünstiges Resultat erhalten, denn in der Frist von wenigen Viertelstunden hat sich ein so voluminöses Krystallsediment aus dem Blute abgeschieden, dass die Menge der darüber stehenden rothen Flüssigkeit kaum mehr beträgt, als das der verwendeten Blutmenge entsprechende Serum.

In Beziehung auf die Grösse und vollkommene Ausbildung der Krystalle ist aber das ruhige Stehen unserer Flüssigkeit gewiss förderlicher als die durch die treibenden Gasblasen herbeigeführten Erschütterungen.

Lehmann gibt ferner an, dass das Licht einen fördernden Einfluss auf die Bildung der Krystalle im verdünnten Blute habe.

Mit Rücksicht auf diese Angabe habe ich eine Reihe von Blutproben des Meerschweinchens im Lichte krystallisiren lassen, eine andere Reihe aber während derselben Zeit im Dunkeln gehalten.

Das Resultat war, dass sich in beiden Fällen die Krystalle in derselben Zeit und in derselben Menge ausschieden.

So wie aus dem Blute des Meerschweinchens und Eichhörnchens wurden auch die Krystalle aus den übrigen Blutarten dargestellt. An die zwei genannten Blutarten reiht sich zunächst das Katzenblut, nur

nimmt die Abscheidung des Krystallsedimentes hier viel mehr Zeit in Anspruch und ist das Letztere niemals so reichlich wie in den früheren Fällen.

Dann folgt das Hundeblut. Die Abscheidung der Krystalle erfolgt hier wieder erst nach längerer Zeit und in anderer Weise:

Die Krystallisation geht von der Oberfläche aus. Zuerst an dem die Wandung der Gefässe berührenden Rande entsteht eine aus feinen Nadeln bestehende Ausscheidung, diese schreitet gegen die Mitte der Oberfläche allmählich vor, stellenweise bilden sich schwimmende Sterne verfilzter Nadeln, endlich bedeckt sich die ganze Flüssigkeit mit einer dicken Krystallhaut. Hebt man diese ab, so bildet sich eine neue und so fort. Das Hundeblut giesst man daher zum Zweck der Krystallisation am Besten in flache Schalen aus, ein Verfahren, welches beim Meerschweinchen- und Eichhörnchenblut ganz und gar unnöthig ist.

Innerhalb 24 Stunden und etwas darüber kann man auf diese Weise aus dem Hundeblut eine sehr beträchtliche Krystallausscheidung erhalten.

In keinem Vergleich mit den abgehandelten Blutarten steht die Langsamkeit, mit welcher die Krystallbildung in den nun zu erwähnenden Blutarten erfolgt. Am ehesten krystallisirt noch das Menschenblut.

Ich habe das Herzblut des schon erwähnten Erfrorenen, mein eigenes Blut, welches ich mir aus einer kleinen Hautvene entnahm und das Blut eines Pneumonikers, welches mir mein Bruder Dr. Emil Rollett nach einem von ihm auf Oppolzer's Klinik gemachten Aderlass zuschickte, zu diesen Versuchen verwendet.

Aus jedem erhielt ich Krystalle, aber erst nach mehrtägigem Stehen am kühlen Orte, nachdem sich das in dünner Schichte in ein Pulverglas ausgegossene Blut schon etwas eingedickt hatte, bildeten sich zerstreut in der Flüssigkeit, meist sehr grosse, schon mit blossen Augen erkennbare dunkelrothe, von rechteckigen Umrissen begrenzte Krystalle. Nimmt man zu dieser Zeit einen Tropfen des Blutes auf einen Objectträger, so findet man zwischen jenen grossen Krystallen zahlreiche kleinere, nur mit bewaffnetem Auge sichtbare und an den Rändern des mit einem Deckgläschen bedeckten Blutstropfen bilden sich, während er unter dem Mikroskope liegt, noch zahlreiche mit einander verwachsene nadelförmige Krystalle aus.

Ähnlich lange, wie die Krystallisation des Menschenblutes lässt auch die im Kaninchenblut auf sich warten. Ich habe aber sehr schöne zu sternförmigen Gruppen geordnete Büschel wohl ausgebildeter Krystallnadeln erhalten.

Beim Schweine erhielt ich niemals Krystalle, an welchen ich die Form derselben auch nur annähernd erkennen konnte. Nach längerem Stehen fand ich eine staubförmige Trübung in der Flüssigkeit, welche nur durch ihre mattgraue Färbung zwischen gekreuzten Nicols der Vermuthung Raum schaffte, dass sie vielleicht demselben Processe ihr Entstehen verdanke, wie die krystallinischen Ausscheidungen des übrigen Blutes.

Beim Frosch erhielt ich niemals Krystalle trotz vielfach angestellter Versuche. Es gelang mir aber bei diesen Thieren auch nicht nach der alten Methode durch Verdünnen des Blutes mit Wasser und darauffolgendes Abdunsten. Hier hatte ich also dasselbe Schicksal wie Kunde, der sich vergebens bemühte, aus Froschblut Krystalle zu erhalten. (Henle und Pfeufer, Zeitschrift für Medic. N. F., Bd. II, p. 272.)

So viel über den Krystallisationsvorgang bei den untersuchten Blutarten. Wir konnten die verschiedenen Blutarten im möglichst unveränderten Zustande (nur das Fibrin war ausgeschlagen) auf ihre Krystallisation untersuchen und sind bezüglich der Leichtigkeit, mit welcher das Blut verschiedener Thiere Krystalle absetzt, zu demselben Resultate gekommen, welches Funke, Kunde, Lehmann am gewässerten Blute auch erhalten haben.

Am einfachsten wäre es, die beobachtenden Unterschiede, auf die von Lehmann angegebenen verschiedenen Löslichkeitsverhältnisse der krystallisirenden Substanz verschiedener Blutarten zurückzuführen und im Allgemeinen stimmen die bezüglichen Angaben Lehmann's sehr gut damit überein.

Nach Lehmann sind die Blutkrystalle des Meerschweinchens im Wasser am schwersten löslich. Nur um ein Geringes löslicher sind die Blutkrystalle des Eichhörnchens.

Beide sind aber um Vieles schwerer löslich als die Krystalle aus Hunde- und Menschenblut.

Lehmann gibt für die Krystalle des Meerschweinchens 600 Th. Wasser, für die des Hundes 90 Th. Wasser an.

Allein niemand, welcher die Natur der fraglichen Substanz kennt, wird den Bestimmungen der Löslichkeitsverhältnisse einen

höheren Werth als den einer ungefähren Schätzung beilegen, und in unseren Versuchen krystallisirt jene Substanz nicht aus ihrer wässerigen Lösung, sondern aus einem sehr complicirten Lösungsgemenge, dem Blutserum.

Halten wir uns vorerst wieder nur an das am genauesten untersuchte Meerschweinchenblut, dann werden wir sehen, dass wir uns mit einer so einfachen Annahme, wie die oben ausgesprochene, nicht begnügen können.

A. Schmidt gibt im Nachtrag zu seiner Abhandlung über die Blutgerinnung an, dass die aus gewässertem Meerschweinchenblut nach Lehmann's Methode abgeschiedenen Blutkrystalle sich im Wasser viel schwerer wieder auflösen als in Blutserum und Hydrocele-Flüssigkeit.

Er glaubt darauf hin annehmen zu dürfen, dass das Wässern des Blutes nicht blos desswegen für die Darstellung der Blutkrystalle nothwenig ist, weil dadurch die endosmotischen Strömungen zwischen Blutzellen und Intercellularflüssigkeit verändert und ein massenhafter Übertritt des Blutzelleninhaltes (?) in die letzteren herbeigeführt wird, sondern, dass zugleich das zugesetzte Wasser auch bei der Abscheidung des im Serum gelösten Hämatokrystallin eine Rolle spielt.

Die oben mitgetheilten Versuche über die Blutkrystallisation erlauben uns zunächst eine Kritik dieser Ansicht über die fällende Wirkung des Wassers.

Wir haben nach Auflösung des Farbestoffes im unveränderten Blutserum eine beträchtliche Ausscheidung von Krystallen erzielt.

Die über den Krystallen stehende Flüssigkeit ist roth gefärbt, enthält also präsumtiver Weise noch einen Theil der rothen krystallisirenden Substanz in Lösung.

Ich zweifle nicht, dass wie Schmidt angibt, ein grösserer Theil des Sediments sich auflösen würde, wenn man es mit Hydrocel-Flüssigkeit oder mit Blutserum, als wenn man es mit reinem Wasser übergösse [1]). Dass man aber desswegen die krystallisirende Substanz aus ihren concentrirten Lösungen in Hydrocel-Flüssigkeit oder in Blutserum mittelst Wasser ausfällen könne, folgt daraus nicht.

Man braucht sich z. B. nur vorzustellen, dass die Schwerlöslichkeit der krystallisirenden Substanz beim Verdünnen in dem-

[1]) Mit Hydrocel-Flüssigkeit habe ich selbst solche Versuche angestellt, und die Angaben Schmidt's bestätigt gefunden.

selben oder kleinerem Verhältnisse wächst wie die Gewichtsmenge der Lösung beim Zusatz des Wassers; dann wird man nicht mehr erwarten, dass die krystallisirende Substanz aus ihren concentrirten Lösungen in Hydrocel-Flüssigkeit oder Blutserum durch Wasserzusatz ausgeschieden wird.

Etwas Ähnliches kommt aber in der That vor, denn es ist mir niemals gelungen, aus dem roth gefärbten Serum, welches über dem nach der beschriebenen Methode erhaltenen Krystallsediment stehen blieb, durch Zusatz von Wasser eine neue Krystallausscheidung zu erhalten, während doch eine solche jedesmal noch beim Eindunsten eines Tropfen von jenem rothen Blutserum auf dem Objectträger erfolgte.

Kehren wir nach dieser beiläufigen Bemerkung zu der Thatsache zurück, dass die Bestandtheile des Serums oder albuminöser Transsudate einen Einfluss auf die Löslichkeit der Blutkrystalle ausüben, bedenken wir ferner, wie schwer es ist, unsere Krystalle von der Mutterlauge zu trennen, so dass es bis jetzt nicht gelungen, sie rein zu erhalten, dann werden wir uns eben mit jener einfachen Annahme verschiedener Löslichkeitsverhältnisse nicht begnügen, wir werden auch nicht daran denken, die Verschiedenheit des Krystallisationsvorganges in verschiedenen Blutarten auf eine innere Verschiedenheit der krystallisirenden Substanz zurückzuführen, wir werden vielmehr mit grosser Wahrscheinlichkeit voraussetzen, dass nur nebensächliche Momente jene Verschiedenheit bedingen und dass wir das Hämathoglobulin aus allen Blutarten mit denselben Eigenschaften erhalten würden, wenn es uns nur gelänge, es immer unter ganz denselben Bedingungen abzuscheiden.

Die Erscheinungen am Meerschweinchen- und Eichhörnchenblut weisen uns aber geradezu noch auf eine andere Reihe hier in Betracht kommender Verhältnisse hin.

Unmittelbar nach dem Aufthauen des gefrorenen Blutes erhalten wir eine durchsichtige rothe Flüssigkeit, mit den besten Vergrösserungsmitteln erkennen wir darin keine roth gefärbten Partikelchen mehr, und früher wurden noch weitere Belege für die stattgefundene Auflösung des Farbestoffes angeführt.

Wir können diese rothe Lösung in einem geschlossenen Glase sorgfältig vor weiterer Verdunstung bewahren, und dennoch scheidet

sich beim Stehen am kühlen und gleichmässig temperirten Orte nach einiger Zeit ein reichliches Krystallsediment aus.

Die vorhandene Menge Serum hat also unmittelbar nach dem Wiederaufthauen eine viel grössere Menge des später im krystallisirten Zustande sich ausscheidenden Farbestoffes gelöst enthalten, als dies nach der Abscheidung der Krystalle des Fall ist.

Nur wenn die Krystalle sich zersetzen, lösen sie sich wieder in derselben Menge Serum auf, unter keiner andern Bedingung.

Wir müssen uns also die Lösung der krystallisirbaren Substanz in der ersten Zeit nach dem Aufthauen nach Art einer übersättigten Lösung vorstellen, aus welcher sich die krystallisirende Substanz erst unter Bindung von Krystallwasser in Form von Tetraëdern, wie beim Meerschweinchen oder in Form von hexagonalen Tafeln wie beim Eichhörnchen ausscheidet, denn zur Annahme einer tieferen chemischen Veränderung sind wir besonders in Hinblick auf F. Hoppe's [1]) Untersuchungen über das chemische und optische Verhalten des Blutroth in und ausserhalb der Blutkörperchen nicht berechtigt.

Wenn wir uns aber, wie schon geschehen, erlaubt haben über einen amorphen Zustand des Blutroth, in welchem es an die Blutkörperchen gebunden ist, zu sprechen, und ihn dem krystallinischen Zustand desselben, in welchem es sich nach der Veränderung oder Zerstörung der Blutkörperchen aus dem Serum ausscheidet, entgegenstellen, so stützen wir unsern Ausspruch nicht blos auf die im gemeinen und polarisirten Lichte sichtbaren Erscheinungen, sondern den ganzen Hergang der Krystallbildung in's Auge fassend und uns auf analoge wohlbekannte Fälle berufend, auch auf chemische Gründe.

Die uns bis jetzt unbekannten Momente, welche den Übergang der einen Modification in die andere befördern oder verzögern, kommen natürlich wieder bei der Beurtheilung der Krystallisation verschiedener Blutarten in Betracht.

Ich verhehle mir nicht, dass in den gegebenen Auseinandersetzungen höchstens die Ausgangspunkte gründlicher Untersuchungen festgestellt wurden; aber so viel ist gewiss, dass unsere Erfahrungen mehr dazu auffordern, zu untersuchen, warum sich die Blutkrystalle verschiedener Thiere in so verschiedener Weise, Quantität und wie wir gleich sehen werden, auch in verschiedener Kry-

[1]) Virchow's Archiv, Bd. 23, 1862.

stallgestalt aus dem Blute ausscheiden; als sie uns berechtigen, eine chemische Verschiedenheit der krystallisirenden Substanz verschiedener Blutarten a priori anzunehmen.

Das Letztere ist vielleicht eben so wenig gerechtfertigt, als die Annahme von nach der Thierspecies verschiedenen Sorten von Fibrin oder Albumin es wäre.

IV.

Krystallographisches und Optisches über die Blutkrystalle.

Bekanntlich glaubte man bisher, dass die aus dem Blut verschiedener Thiere erhaltenen Hämatoglobulin-Krystalle sehr verschiedenen Krystallsystemen angehören.

Für die Blutkrystalle des Pferdes, des Hundes, einiger Fische, insbesondere aber für die des Menschen, hat es Funke (Zeitschr. f. r. Med. N. F. Bd. I, p. 188 und 190, Bd. II, p. 209) als das Wahrscheinlichste erklärt, dass sie in's rhombische System gehören, er stützt sich dabei unter anderm auch auf sehr zahlreiche Winkelmessungen.

Für die Blutkrystalle des Meerschweinchens geben Kunde[1]) und nach ihm Lehmann[2]) als Krystallformen reguläre Tetraëder, Oktaëder, Rhombendodekaëder und andere Formen des regulären Systems an.

Die Blutkrystalle des Eichhörnchens sind nach Kunde hexagonale, sechsseitige Tafeln, die des Hamsters nach Lehmann Rhomboëder, also Formen des hexagonalen Systems.

Es ist sehr auffallend, dass die meisten der früheren Beobachter sich nicht des polarisirten Lichtes zur Untersuchung der Blutkrystalle bedienten. Bei Valentin[3]), welcher dies zuerst gethan zu haben scheint, finden wir nur in einer Tabelle im Anhange zu einer nach Rammelsberg mitgetheilten Übersicht, mikroskopischer Krystalle, auch die Hämatinkrystalle als doppelbrechend aufgeführt.

Valentin gibt nicht an, ob er nur eine bestimmte Sorte von Blutkrystallen oder mehrere derselben untersucht habe.

Ich überzeugte mich zunächst an den Blutkrystallen vom Meerschweinchen, dass dieselben im ausgezeichneten Grade doppelbre-

---

[1]) Zeitschrift für ration. Medicin von Henle und Pfeufer, N. F. Bd. 2, p. 273.

[2]) Journal für praktische Chemie.

[3]) Untersuchung der Pflanzen und Thiergewebe im polar. Lichte. Leipz. 1861, p. 198.

chend sind. Sie erscheinen hell zwischen den gekreuzten Nicols eines Polarisationsmikroskopes.

Die bis dahin giltige Angabe, dass die Blutkrystalle des Meerschweinchens reguläre Tetraëder seien, zusammengehalten mit ihrer eiweissartigen Natur, legte die Vermuthung nahe, dass sie zwischen gekreuzten Nicols hell erscheinen, weil sie circularpolarisirende Eigenschaften besitzen.

Dann müssten aber ihre optischen Eigenschaften mit jenen übereinstimmen, welche Marbach[1]) an circularpolarisirenden Krystallen des regulären Systems beschrieben hat.

Das letztere ist nicht der Fall. Unsere Krystalle bleiben nicht in allen Azimuthen hell, wenn man sie zwischen gekreuzten Nicols dreht, sondern erscheinen abwechselnd hell und dunkel.

Diese Beobachtungen veranlassten mich, meinen Freund Dr. V. v. Lang, zu Rathe zu ziehen. Er hatte die Güte nicht nur die Blutkrystalle des Meerschweinchens sondern auch die übrigen von mir dargestellten Blutkrystalle zu untersuchen und die schriftlichen Mittheilungen, welche er in dieser Angelegenheit an mich gelangen liess, enthalten in der That eine Menge neuer und werthvoller Aufschlüsse über die krystallographischen und optischen Eigenschaften der Blutkrystalle.

Wir werden sehen, dass manche der früher angeführten und bisher giltigen Annahmen dadurch eine wesentliche Berichtigung erfahren.

Es folgen nun die krystallographischen und optischen Mittheilungen von Dr. v. Lang.

„Die nachfolgenden Zeilen enthalten eine übersichtliche Darstellung der krystallographischen und optischen Erscheinungen, welche wir an den von Ihnen dargestellten Blutkrystallen zu beobachten Gelegenheit hatten.

Meerschweinchen. Ich beginne mit den aus dem Blute vom Meerschweinchen erhaltenen Krystallen, welche scheinbar die Form regulärer Tetraëder zeigen. Dass aber dieselben unmöglich dem tesseralen Systeme angehören können, haben wir schon an den ersten von Ihnen dargestellten Krystallen gesehen, indem sie zwischen gekreuzten Nicol'schen Prismen gedreht, abwechselnd dunkel und hell wurden. Besonders gut war dies an einigen grösseren Krystallen

[1]) Poggendorff's Annal. Bd. 91, p. 492, Bd. 94, p. 412 und Bd. 99, p. 456.

zu beobachten, bei denen die obere Ecke sehr stark abgestumpft war, wie dies Fig. 1 zeigt. Die Abstumpfung der Ecken offenbar durch Flächen des verwendeten Tetraëders war überhaupt bei vielen Krystallen zu bemerken.

Nach dieser Beobachtung blieb nur noch die Wahl zwischen dem tetragonalen und dem rhombischen Systeme, da in den schiefwinkeligen Krystallsystemen derartige Tetraëder nicht selbständig auftreten. Auch diese Frage war durch die mir von Ihnen später übergebenen neu dargestellten Krystalle leicht zu entscheiden.

An den Tetraëdern dieser Krystalle waren nämlich immer nur zwei gegenüber stehende Kanten gerade abgestumpft. Kam der Krystall gerade auf eine dieser Abstumpfungsflächen zu liegen, so sah derselbe scheinbar holoëdrisch aus, in dem man die hinteren Kanten durchsah, wie es Fig. 2 darstellt, wo die hinteren Kanten punktirt sind. Der Umstand, dass in allen Fällen nur zwei gegenüber liegende Kanten abgestumpft gefunden wurden, zeigt ebenfalls, dass die Krystalle unmöglich tesseral sein können. Gehörten die Krystalle in das tetragonale System, so könnten nach der in demselben herrschenden Symmetrie die beiden parallelen Abstumpfungsflächen nur ein zur Hauptaxe senkrechtes Endflächenpaar sein. Da nun in diesem Systeme längs der Hauptaxe das Licht nur einfach gebrochen wird, so müssten die untersuchten Krystalle durch die Endfläche zwischen gekreuzten Nicols in allen Azimuthen dunkel bleiben. Dies fand aber nicht Statt, sondern alle untersuchten Krystalle werden in ihrer ganzen Ausdehnung (was insbesondere auch von dem inneren Viereck der Fig. 2 gilt) bei der Drehung abwechselnd dunkel und hell, und es geben die an der Fig. 2 gezogenen Striche die beobachteten Lagen der Hauptschnitte im Krystalle. — Man ist daher zur Annahme genöthigt, dass diese Krystalle in das rhombische System gehören, mit welcher Annahme die beobachteten Erscheinungen sehr gut übereinstimmen.

Auch unter den zuletzt dargestellten Krystallen beobachtete ich an einem eine Fläche, welche dem verwendeten Tetraëder angehört; Fig. 3 gibt das Bild dieses Krystalles im Mikroskope, derselbe liegt auch einer Tetraëderfläche auf.

Ich habe es auch versucht, bei solchen Krystallen, die auf einer Tetraëderfläche zu liegen scheinen, die Winkel des dreiseitigen Umrisses zu messen, um dadurch auch etwas über die Axenlängen zu

erfahren; allein hiebei ist der Umstand sehr hinderlich, dass man kein Mittel hat sich davon zu überzeugen, ob der Krystall wirklich mit der Fläche vollkommen aufliegt. Auch gewähren die Methoden ebene Krystallwinkel zu bestimmen, bei kleinen Winkeldifferenzen nicht den hinreichenden Grad der Genauigkeit. Die drei Winkel des Umrisses sind nämlich alle nahezu gleich 60° und daher die drei Axenlängen der diesem Tetraëder entsprechenden Pyramide nur wenig von einander verschieden.

Wendet man bei der Beobachtung dieser Krystalle nur ein Nicol'sches Prisma vor oder hinter den Krystallen an, so sieht man dass dieselben bei einer Umdrehung des Nicols um 360° zweimal etwas heller und zweimal etwas dunkel werden. Es geht daraus hervor, dass die Krystalle das Licht, je nachdem es parallel dem einen oder dem andern Hauptschnitte schwingt, mehr oder weniger absorbiren.

Fig. 4 gibt noch die Zeichnung der eben beschriebenen Krystalle in der gewöhnlichen Stellung der Hauptaxen; die Fläche des Tetraëders mit *o*, die beobachtete Endfläche mit *a* bezeichnet. —

Mensch. Ich komme zu den von Ihnen aus Menschenblut erhaltenen Krystallen, dieselben waren theils verlängerte Rechtecke, theils Rhomben, doch sah man auch 4seitige Prismen die oben und unten durch eine Fläche begrenzt waren. Die Krystalle erwiesen sich in jeder Stellung als doppelbrechend; und zwar lagen bei den Rechtecken (Fig. 5) die optischen Hauptschnitte parallel den Kanten, bei den Rhomben (Fig. 6) dagegen waren sie parallel den Halbirungslinien der spitzen und stumpfen Winkel, so weit man dies mit dem Auge beurtheilen konnte. Beiderlei Formen fanden sich oft knapp neben einander, wie dies Fig. 7 zeigt. Die Rhomben waren oft ganz wie Zwillingskrystalle (Fig. 8) an einander gelagert, und waren dann stets nach den Zwillingskanten verlängert.

Ich glaube nun, dass diese Krystalle ebenfalls dem rhombischen Systeme angehören, und ihre Form ein Prisma (*p*) ist, das durch zwei darauf stehende Endflächen (*b*) geschlossen ist, wie dies Fig. 9 in einer schiefen Projection zeigt. Die Krystalle entwickeln sich entweder vorzüglich nach einer Fläche des Prisma oder nach der Endfläche und kommen beim Daraufdrücken des Deckgläschens natürlich auf die am meisten entwickelten Flächen zu liegen. Die Rechtecke waren also Krystalle, bei denen eine Prismenfläche (*p*) sehr

vorherrscht; die Längenseiten, welche im Mikroskope scharf begrenzt sind, entsprechen der Endfläche. Dagegen sollte man an der schmalen Seite die andere verkürzte Prismenfläche (p^1) etwas sehen, was aber nicht der Fall ist, wohl desshalb weil die beiden Prismenflächen (p p^1) einen ziemlich stumpfen Winkel mit einander bilden und daher die Kante nicht sichtbar wird. Doch bemerkt man stets, dass die Krystalle an der schmalen Seite gegen das Ende immer lichter und daher dort auch immer dünner werden müssen. Es fanden sich aber auch Krystalle, die eine Linie nahe gegen ihre Mitte zeigten (Fig. 10), bei denen die beiden Prismenflächen gleichmässiger entwickelt waren und die nicht mit einer Fläche auflagen, in welchem Falle die Beleuchtung für die fragliche Kante sich günstiger gestaltet.

Sind die Krystalle dagegen nach der Endfläche entwickelt, so erscheinen sie auf derselben liegend als Rhomben, welche übrigens auch sehr oft nach einer ihrer Kanten, welche den Prismenflächen entsprechen, verlängert sind.

Mit diesen Ansichten stimmen die beobachteten Lagen der optischen Hauptschnitte in beiden Fällen ganz gut überein, und es erklärt sich auch leicht die Aneinanderlagerung der Krystalle in Fig. 7.

Für die spitzen Winkel der Rhomben fand ich aus mehreren Messungen beiläufig 54° 6′. Die Axenlänge des Prisma würde sich dem zufolge verhalten, so wie

$$1 : 1 \cdot 96 = 1 : 2.0 \cdot 98.$$

Man sieht hieraus, dass wenn man die zweite Axenlänge durch zwei dividirt, die beiden Axen nahezu gleich lang werden, was mit den Krystallen aus dem Blute vom Meerschweinchen sehr gut übereinstimmt.

Auch die Krystalle aus Menschenblut sind pleochromatisch, d. h. sie zeigen nach der Krystallgestalt orientirte Absorptionserscheinungen, welche hier sehr eclatant sind.

Betrachtet man nämlich die Rhomben nur mittelst eines Nicol, so findet man, dass die Schwingungen parallel der kürzeren Diagonale derselben dunkelroth, dagegen die parallel der längeren farblos sind. Besonders schön zeigt sich dies an den früher angeführten Zwillingen (Fig. 8), indem, wenn bei einer Stellung des Nicol der eine Krystall roth, der andere fast farblos ist.

Bei den Rechtecken sind die Schwingungen parallel der längeren Seite lichtroth, die parallel der kürzeren dunkelroth. Bei Krystallen

jedoch, die wie Fig. 10 eine Kante in der Mitte zeigten, waren die Schwingungen parallel der längeren Seite vollkommen farblos, was mit den früher ausgesprochenen Ansichten und Erscheinungen sehr gut übereinstimmt, indem diese Schwingungen alsdann parallel der Makrodiagonale der Endfläche werden und daher auch wie bei den Rhomben farblos sein müssen.

Hund. Die langen nadelförmigen Krystalle sind gebildet von einem 4seitigen Prisma, welches durch eine Endfläche begrenzt ist.

Betrachtet man die Krystalle durch eine Prismafläche, so sieht man, dass dieselben doppelbrechend und dichromatisch sind. Das durchgehende Licht, welches parallel der Längsrichtung des Prisma schwingt, ist dunkelrothbraun [1]), das senkrecht zu dieser Richtung farblos in's Bräunliche.

Kaninchen (nach Ihren Mittheilungen). Die mit einem Ende sternförmig (Fig. 10) einander gewachsenen Krystalle scheinen in ihrer Form mit denen aus Menschenblut ganz übereinzustimmen und zeigen auch ähnliche optische Verhältnisse. Betrachtet man dieselben nämlich von der einen Seite, so zeigen sie die Gestalt von Rechtecken (Fig. 2), deren Seiten die beiden optischen Hauptschnitte parallel sind; die Krystalle sind nämlich doppelbrechend und zwar sind die Lichtschwingungen parallel der längeren Seite blassroth, die senkrecht dazu dunkelroth gefärbt. Von der Seite angesehen, erscheinen jedoch die Krystalle als verlängerte Rhomben (Fig. 12), deren Winkel durch die optischen Hauptschnitte halbirt werden. Die Schwingungen, deren Richtung den spitzen Winkel halbirt, sind farblos in's Grünliche, die senkrecht daraufstehenden dagegen roth. Die Krystalle zeigen also ganz genau dasselbe Verhalten, wie die des Menschenblutes. Auch konnte man an einer Gruppe von Krystallen (Fig. 13), welche auf keiner der beiden Flächen auflagen, schon den Zusammenhang der Rechtecke und Rhomben wahrnehmen, wodurch auch die beim Menschenblut gegebene Ansicht über die Krystallform sehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt.

Eichhörnchen. 6seitige Tafeln, gebildet von einem 6seitigen Prisma und der Endfläche. Diese Krystalle gehören unzweifelhaft in's hexagonale System. Da sie durch die Endfläche zwischen ge-

[1]) Die Krystalle, auf welche sich diese Farben beziehen, waren aus gasfreiem Blute dargestellt. Siehe das Folgende. Aus erfrörtem Blut dargestellte Krystalle an Form den Beschriebenen vollkommen gleich erscheinen, wie die von anderen Thieren roth.

kreuzten Nikols betrachtet in allen Azimuthen dunkel bleiben. In Übereinstimmung damit zeigten die Krystalle, durch eine Prismenfläche betrachtet, doppelbrechende Eigenschaften. Auch sind alsdann die beiden Strahlen nicht von gleicher Intensität. Es sind die Schwingungen parallel der optischen und krystallographischen Axe weniger absorbirt als die senkrecht darauf".

Katze. Die Krystalle aus Katzenblut konnte ich Herrn Dr. Lang, der inzwischen nach England abgereist ist, nicht mehr zeigen.

Es kommen unter denselben Formen vor, welche sich so verhalten, wie die Krystalle aus dem Hundeblut, nur waren die Prismen nicht durch die Endfläche sondern durch eine oder zwei schief aufgesetzte Abstumpfungsflächen geschlossen, und zwar ist dies die grösste Anzahl.

Andererseits fanden sich aber auch Formen wie die aus Menschenblut dargestellten, die auch optisch mit den letzteren vollkommen übereinstimmten. Nur hatte der in der Makrodiagonale der Endfläche schwingende Strahl hier einen Stich in's Grüne. Ferner wurden neben rhombischen Tafeln auch 6seitige Tafeln, gebildet aus einem rhombischen Prisma mit abgestumpften scharfen Kanten und aus der Endfläche beobachtet.

Es gehören also alle untersuchten Krystalle nur in zwei Systeme, in's rhombische und in das hexagonale.

Unsere Substanz [1]) wäre also, wenn die in's rhombische System gehörigen Krystalle nach den krystallographischen Gesetzen auf einander beziehbar sind, was wenigstens für die aus Meerschweinchen- und Menschenblut dargestellten Krystalle nach den angeführten Beobachtungen sehr wahrscheinlich ist, eine dimorphe.

Die bisher für regulär gehaltenen Krystalle des Meerschweinchenblutes sind die Hälften einer rhombischen Pyramide, rhombische Tetraëder oder sogenannte rhombische Sphenoide.

Die Krystalle aus Menschen-, Kaninchen-, Hunde- und Katzenblut sind rhombische Prismen und Combinationen.

Nur die Krystalle aus Eichhörnchenblut wurden als hexagonale, 6seitige Tafeln befunden.

---

[1]) Die chemische Gleichartigkeit des Hämatoglobulin in den verschiedenen Blutarten vorausgesetzt.

Bei der grossen Übereinstimmung, welche gerade zwischen dem Krystallisationsvorgange im Meerschweinchen- und Eichhörnchenblute herrscht, war das zuletzt angeführte Resultat sehr überraschend.

Wir haben uns aber auf das Sorgfältigste überzeugt, dass es so sich verhält.

Die sechsseitigen Tafeln vom Eichhörnchen, auch wenn sie beträchtlich dick waren, so dass man an einen zu geringen Gangunterschied der durch die etwa vorhandene Doppelbrechung erzeugten Strahlen nicht mehr denken konnte, blieben zwischen gekreuzten Nicols in allen Azimuthen dunkel, während um vieles dünnere nadelförmige Krystalle aus anderen Blutarten oder um vieles dünnere Tafeln aus dem Katzenblut, noch sehr lebhaft zwischen gekreuzten Nicols leuchteten.

Der Pleochroismus der Blutkrystallle stimmt mit der Annahme, man habe es hier mit wahrhaften Farbestoffkrystallen zu thun, sehr gut überein.

Und wir wären hiemit, abgesehen von den Gründen, welche wir schon früher geltend gemacht haben, auf anderem Wege zu demselben Resultat gelangt, wie Hoppe durch seine Untersuchung über den Blutfarbestoff (l. c.), dass es wahrscheinlich ein fruchtloses Bemühen ist, die Blutkrystalle farblos darstellen zu wollen.

Ein stricter Beweis für die chemisch-einfache Natur der Blutkrystalle kann aber aus ihrem Pleochroismus nicht hergeleitet werden, weil es bekannt ist, dass die Krystalle an sich farbloser Substanzen durch gefärbte fremdartige Beimengungen pleochromatisch werden können [1]).

---

[1]) Grailich und Lang, Orientirung der optischen Elasticitätsaxen in den Krystallen des rhombischen Systems. Sitzungsberichte der k. Akademie, Bd. XXVII, 3, führen zahlreiche Beispiele für den Schwerspath an, der im wasserhellen Zustande vor der dichroskopischen Loupe nicht die geringsten Absorptionsunterschiede zeigte, während gefärbte Varietäten ausgezeichnet polychroitisch befunden wurden.

Sénarmont (Poggendorff's Ann. Bd. 91, S. 491) hat ferner Versuche über künstliche Erzeugung von Polychroismus in krystallisirten Substanzen angestellt, und es gelang ihm, salpetersauren Strontian mit dem Farbestoff des Campecheholzes zu färben. Die erhaltenen gefärbten Krystalle waren dichromatisch. Der Versuch gelingt sehr leicht, wie ich mich überzeugte.

Ich kann ferner hier anführen, dass die im Harnsediment ausgeschiedenen gefärbten Harnsäurekrystalle im geringen Grade dichromatisch sind. Die Harnsäure gibt zwar schon im ungefärbten Zustande zwei an Intensität sehr verschiedene Strahlen, aber die verschiedenen Farbentöne der zwei Strahlen eines gefärbten Harnsäure-Krystalles kann man durch künstliche Abschwächung des helleren, wenn man z. B. unter dem Nicol'schen Prisma, über welchen der Krystall orientirt ist, ein zweites drehbar anbringt, niemals einander gleich machen.

V.

Veränderungen, welche das Blut durch die elektrische Entladung erleidet.

Durch kräftige Entladungsschläge wird das Blut dem äusseren Ansehen nach in derselben Weise verändert wie durch das Frieren, d. h. es hellt sich auf und nimmt während des Elektrisirens eine lackfarbenähnliche Beschaffenheit an. Menschen-, Schweine-, Meerschweinchen- und Katzenblut wurde auf diese Weise untersucht.

Ich benützte zu den Versuchen eine kräftige Elektrisirmaschine, welche mir Herr Prof. Ludwig für die Dauer der Versuche zur Verfügung stellte, wofür ich ihm meinen besten Dank auszusprechen habe.

Die Maschine ist in ihren inneren Einrichtungen der von Baron Ebner[1]) beschriebenen ähnlich, unterscheidet sich aber in ihrer äusseren Form sehr bedeutend von der genannten Maschine.

Ich kann nur anführen, dass sie zwei Glasscheiben von 310 Mm. Diam. und 10 Mm. Dick. besitzt, mit der Maschine in fester Verbindung steht eine Leydner Flasche, die mit dem Conductor zugleich geladen und wieder entladen werden kann.

Man konnte bequem $1^1/_2$ Zoll lange Funken von der Maschine erhalten.

In die Leitung, welche die mittelst eines gleichfalls an der Maschine angebrachten verschiebbaren Ausladers aus dem Conductor gezogene Elektricität auf ihrem Wege zum äusseren Beleg der Flasche und zur Erde zu passiren hatte, schaltete ich Glasröhrchen von 5 Millim. Durchmesser im Lichten und von einer Länge von 40 bis 50 Millim. Das untere Ende dieser Röhrchen war zugeschmolzen, das obere offen.

In das untere Ende wurde ein kurzes Stück Platindrath eingeschmolzen, welches eben noch in's Innere des Röhrchens vorsprang, am oberen offenen Ende wurde von der Seite her ein Stück Platindrath in die Wandung eingeschmolzen, so dass ein Stück desselben in's Innere des Röhrchens auslief, das übrige frei aus der Mündung herausragte.

Die äusseren Enden der Platindräthe wurden den Metallknöpfen, zwischen welchen das Röhrchen in verticaler Lage eingeschaltet werden konnte, bis zur Berührung nahe gebracht.

---

[1]) Siehe diese Berichte Bd. 21, S. 94.

In das Röhrchen wurde nun mittelst eines fein ausgezogenen Glasröhrchens defibrinirtes Blut vorsichtig eingeführt, so dass zwischen den inneren Enden der Platindräthe eine zusammenhängende Blutsäule eingeschlossen war.

Wurde nun die Maschine in Thätigkeit versetzt, so konnte man rasch hinter einander eine Reihe von Entladungsschlägen durch das Blut hindurchgehen lassen. Das Blut soll für alle diese Versuche möglichst frisch angewendet werden.

Der Gang der Erscheinungen ist folgender: Das Blut, welches Anfangs vollständig undurchsichtig das Röhrchen anfüllte, wird zuerst in der Nähe der Platinspitzen durchscheinend. Ist diese Veränderung, welche oft nach dem ersten, manchmal erst nach einigen Schlägen sich bemerkbar macht, einmal eingetreten, dann schreitet mit jedem neuen Schlage die Aufhellung von beiden Seiten gegen die Mitte der Blutsäule fort, und in kurzer Zeit ist die ganze Blutsäule in eine durchsichtige (Säugethiere) oder durchscheinende (Frosch) prächtig roth gefärbte Flüssigkeit verwandelt.

Während eines solchen Versuches kann man von Zeit zu Zeit einen Tropfen Blut, den man am Besten mittelst eines geöhrten Platindrathes aus dem Röhrchen herauslangt, unter dem Mikroskop untersuchen.

Man findet die rothen Blutkörperchen in verschiedenen Stadien der Veränderung.

Beim Menschen und beim Schweine erscheinen in dem diffus roth gefärbten Serum verblasste Überreste der rothen Blutkörperchen, die sich bald nur wenig im Durchmesser von den unveränderten Blutkörperchen unterscheiden, bald bis zum Verschwinden klein geworden sind.

Je zahlreicher die Schläge waren, welche man durch das Blut hindurchschickte, desto mehr und mehr schwinden diese Blutkörperchenreste zusammen.

Am deutlichsten überzeugt man sich wieder von diesen Veränderungen, wenn man direct vergleicht, indem man zu einem Tropfen veränderten Blutes einen Tropfen von demselben aber nicht elektrisirtem Blute treten lässt.

Beim Froschblute bringen Entladungsschläge sowohl an den Blutkörperchen als an den Kernen ebenfalls ganz ähnliche Veränderungen hervor, wie sie früher in Folge des Frierens beobachtet wurden.

Man sieht hier dieselben mannigfachen Formen wie dort, die früher beschriebenen kernlosen Klümpchen sieht man aber, meist in runder Tropfenform hier viel häufiger, als nach dem Frieren.

Alle diese Reste sind weich und zähe, man überzeugt sich davon, wenn man sie in einem Tropfen Blut, in welchem sie dicht gedrängt neben einander liegen, unter dem Mikroskop zufällig schwimmen sieht.

Sie ziehen sich aus, stossen auf einander und drücken sich ein.

Drückt man mit einer Nadel auf das Deckgläschen, so kann man solche Bewegungen in ausgedehntem Masse hervorrufen, dann sieht man oft von der ausgezogenen und leicht beweglichen Masse eines veränderten Blutkörperchens ein Stückchen abreissen.

Dieses zieht sich gewöhnlich auf ein rundliches Klümpchen zusammen und schwimmt dann neben den kernhältigen Blutkörperchenresten in der Flüssigkeit.

Auch hier sah ich manchmal, dass der Kern aus der weichen Masse herausgerissen wurde, ohne dass diese letztere ihr rundliches glattes Aussehen dabei einbüsste.

Auch hier werden in den Kernen grosse Vacuolen sichtbar, während kleinere nebenbei verschwinden. Man sieht Bilder, welche sehr lebhaft an Gährungspilze mit ein oder mehreren grossen Vacuolen erinnern.

Die Erscheinungen, welche beim Elektrisiren des Meerschweinchenblutes eintreten, sind besonders zu erwähnen.

In diesem Blute, welches so schnell und leicht krystallisirt, wie wir früher sahen, bringt eben die bald nach der Entfärbung der Blutkörperchen eintretende Krystallisation einige Modification in den Gang der Erscheinungen.

Ich war Anfangs nicht gefasst auf eine so rasch nach dem Elektrisiren eintretende Ausscheidung der Krystalle, und als ich den ersten Versuch am Meerschweinchenblut anstellte, konnte ich mir nicht erklären, warum ich trotz wiederholter Entladungsschläge, unter deren Einfluss Menschen- oder Schweineblut sich längst aufgehellt hätten, die betreffende Blutprobe nicht klar bekommen konnte.

Das Mikroskop überzeugte mich aber bald, dass alles weitere Bemühen umsonst gewesen wäre.

Die Blutkörperchen hatten längst die bekannten Veränderungen erlitten, aber gleichzeitig hatte sich eine zahlreiche Menge kleiner

Kryställchen von der gewöhnlichen Tetraëderform ausgeschieden, die jetzt an der Stelle der rothen Blutkörperchen das elektrisirte Blut undurchsichtig machten.

Ich hatte krystallisirtes Hämatoglobulin, so zu sagen mit dem Funken aus dem Blute herausgeschlagen.

Spätere Versuche zeigten mir, dass, wenn man vorsichtig zu Werke geht, man auch das Meerschweinchenblut klar bekommen kann, wenn man aber das durchsichtig gewordene Blut ruhig sich selbst überlässt, so trübt es sich sehr bald wieder und man überzeugt sich, dass diese Trübung eben von der Krystallausscheidung herrührt. Auf dem Objectträger in dünner Schichte ausgebreitet, krystallisirt jeder Tropfen des elektrisirten Blutes sofort unter den Augen des Beobachters.

Wenn man die Details solcher Versuche genau verfolgt, dann sieht man, dass die Ausscheidung der Krystalle oft auch sofort nach der Entfärbung der Blutkörperchen eintreten kann.

Sehr häufig findet man in einem Tropfen elektrisirten Blutes, neben den ihrer Hauptmasse nach vorhandenen, aber blassen und farblosen Blutkörperchen, die manchmal in diesem entfärbten Zustande sogar die wohlbekannte sternförmige Verschrumpfung erkennen lassen, eine eben so grosse Menge kleiner dicht gedrängt liegender Krystalle.

Während also ein wesentlicher Theil der Blutkörperchen schon in das Serum entlassen und aus demselben krystallisirte, kann ein anderer Theil, welcher den Blutkörperchen hauptsächlich ihre Form und Consistenz verleiht, noch deutlich erkennbar in Form blasser Scheibchen im Serum vorhanden sein.

Dieser letztere ist es auch, welcher beim Verdünnen des Blutes mit Wasser und nach der Einwirkung mancher anderer Reagentien oft lange Zeit im aufgequollenen Zustande sich erhält. Zwischen den nach der alten Funke'schen Methode dargestellten Blutkrystallen hat man in der Regel Gelegenheit, diesen resistenteren Theil der Blutkörperchen zu beobachten, wie es an vielen Stellen angegeben und von Funke in seinem Atlas auch abgebildet wird.

Elektrisirtes Katzenblut krystallisirt, in die Kälte gestellt, eben so wie das Meerschweinchenblut, aber erst nach längerer Zeit. Noch längere Zeit nimmt das menschliche Blut in Anspruch. Wir haben also in kräftigen Entladungsschlägen ein neues Mittel kennen gelernt,

die Blutkörperchen zu zerlegen, die Beziehungen ihrer Bestandtheile unter einander und zum Serum zu verändern.

Über die Natur dieser Veränderungen, über die Art wie die Elektricität auf die Blutkörperchen wirkt, ob nur der Entladungsschlag oder auch eine andere Form elektrischer Einwirkung das Blut zu verändern im Stande ist, ferner über die Schlüsse, welche wir auf die chemische Zusammensetzung, die Structur und andere Eigenthümlichkeiten der Blutkörperchen aus unseren Beobachtungen ziehen dürfen, über alles dieses werden wir uns erst aussprechen können, wenn wir in der Lage sein werden, durch die Anwendung eines Ruhmkorffapparates die Gewalt der Schläge vollständig in die Hand zu bekommen, und wenn wir andererseits die Bedingungen im Blute selbst möglichst variirt haben werden.

Bis jetzt haben wir nichts als die in unserem Fundamentalversuch zum Vorschein kommende Thatsache für die Veröffentlichung reif befunden.

Nur das muss ich noch anführen, dass ganz frisches und defibrinirtes Blut beim Elektrisiren sich leichter verändert als älteres.

Die Veränderungen sind aber in frischem und schon ziemlich abgestandenem Blute durch nichts, als durch die Zeit ihres Eintrittes verschieden [1]).

---

[1]) Als ich an der Haut des früher erwähnten im heurigen Winter erfrorenen Arbeiters die merkwürdige fleckweise Röthe sah, kam mir das Bild einer vom Blitz getroffenen Person in die Erinnerung, welche ich vor vielen Jahren zu sehen Gelegenheit hatte. An der Brust derselben bemerkte man eine unschriebene, unregelmässig strahlige Fortsätze nach verschiedenen Richtungen hin aussendende rothe Zeichnung.

Die Obducenten hielten dieselbe für eine jener Zeichnungen, über welche man so fabelhafte Gerüchte in Umlauf gebracht hat.

Gewiss ist, dass ich sie damals als eine Erscheinung betrachtete, welche von in dieser Hautpartie angehäuften Blut (Blutroth) herrührte.

Kurz die Ähnlichkeit des eigenthümlich gezeichneten hellrothen stehenden Fleckes mit den Flecken auf der Haut des Erfrorenen und die bei dem Letzteren als ursächliches Moment aufgefundene Diffusion des Blutroth führten mich dazu, zu untersuchen, ob das Blut an und für sich durch den Entladungsschlag vielleicht eine ähnliche Veränderung erleide wie durch das Frieren oder nicht.

Das Resultat war das oben mitgetheilte.

Ob nun die beobachtete Erscheinung wirklich ein physiologisches Erklärungsmoment abzugeben vermag, für die nach Reitlinger mit den positiven Lichtenberg'schen Figuren übereinstimmenden, stehenden, rothen Zeichnungen auf dem Körper vom Blitz getroffener, das müssen wir späteren Untersuchungen vorkommender Fälle ganz ohne Anticipation überlassen.

VI.

Gasfreies Blut.

Prof. Ludwig theilte mir während dieser Untersuchungen eine Reihe von Blutproben mit, welche in seinem Laboratorium zu pneumatischem Untersuchen gedient hatten und mittelst des bekannten Ludwig'schen auf dem Princip der Torricelli'schen Lehre beruhenden Apparates gasfrei gemacht worden waren.

Sie rührten sämmtlich vom Hunde her. Das Blut war dunkel kirschroth in dicken Schichten fast schwarz.

In dünnen Schichten ist es ähnlich lackfarbenartig wie erfrornes und elektrisirtes Blut.

Es besitzt aber nicht denselben Grad von Transparenz. Unter dem Mikroskop sah man die Blutkörperchen ihrer Form nach erhalten, aber blass und farblos. Sie zeigen meist noch den napfförmigen Eindruck ihrer Grundflächen. In zahlreicher Menge sah man sternförmig verschrumpfte Formen. Der Farbestoff ist im ganzen Serum diffus verbreitet, und wenn man solches gasfreies Blut in eine flache Schale ausgiesst, so scheiden sich ganz in derselben Weise wie aus erfrornem Blute die Blutkrytalle als feine verfilzte Nadeln auf der Oberfläche der Flüssigkeit aus.

Es hat also auch hier eine Abgabe des Farbestoffes (krystallisirende Substanz) an das Serum stattgefunden.

Lässt man gasfreies Blut frieren, so vermehrt sich seine Durchsichtigkeit in dünnen Schichten (in dicken bleibt es immer schwarz). Unter dem Mikroskop sieht man aber, dass die entfärbten Blutscheibchen des gasfreien Blutes durch das Frieren ebenso successive zerstört werden, wie die frischen. Hier ist also die Abgabe des Farbestoffes und die Auflösung des eigentlichen Stromes wieder in zwei Momente aus einander gelegt. In den früher angegebenen Versuchen waren beide entweder ganz oder theilweise zusammengefallen.

Stellen wir nun kurz einige Resultate zusammen:

1. Müssen wir uns jenen anschliessen, welche die Giltigkeit des Schleiden-Schwann'schen Zellenschema's für die rothen Blutkörperchen bekämpfen.

2. Die rothen Blutkörperchen bestehen ihrer Hauptmasse nach aus einer weichen elastisch dehnbaren Substanz.

3. Man kann an derselben wenigstens zwei Bestandtheile unterscheiden, die krystallisirende Substanz (Hämatoglobulin) und ein eigentliches Stroma.

4. Beide sind auf eine uns nicht näher bekannte Weise an einander gehalten.

5. Durch äussere Einflüsse können sie von einander getrennt werden.

6. Zu diesen trennenden Einflüssen gehören neben bekannten chemischen auch hohe Kältegrade (Frieren), der Entladungsschlag, Auspumpen der Blutgase (nach Ludwig's Methode).

7. Nach der Trennung lösen sich entweder beide im unveränderten Blutserum auf oder aber es bleibt ein Theil des Stromes ungelöst.

8. Das Hämatoglobulin krystallisirt, so viel bis jetzt bekannt ist, in zwei Systemen, im rhombischen und hexagonalen. (v. Lang.)

9. Die Krystalle sind pleochromatisch. (v. Lang.)

10. Die Krystallbildung erfolgt in grösserem Massstabe, nicht nur nach dem Verdünnen des Blutes mit Wasser, man kann reichliche Krystallbildung auch aus unverändertem Blutserum beobachten, wenn man den Bestand der Blutkörperchen durch sehr verchiedenartige Einflüsse (Frieren, Elektrisiren etc.) gefährdet.

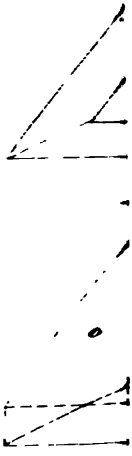


Fig. 3

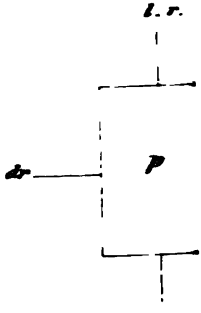


Fig. 8.

Untersuchungen über Resorption und Absorption der Jodmittel.

Von **Dr. Mor. Rosenthal,**
Secundararzt im allg. Krankenhause und Mitgl. der medic. Facultät zu Wien.

Untersuchungen über Resorption und Absorption der Jodmittel.

Das Jod und dessen Präparate spielen eine so hervorragende therapeutische Rolle auf den verschiedenen Gebieten der Medicin, dass sie nicht blos seit lange her sich ungeschmälert in der Gunst der Praktiker behaupten, sondern auch die Theoretiker zu einer näheren Bekanntschaft mit ihrer Einwirkung auf den Organismus anregten. Allein der zahlreichen Untersuchungen und Experimente ungeachtet, sind unsere Kenntnisse namentlich über die so wichtige Frage der Jodresorption noch immer in hohem Grade lückenhaft und ungenau zu nennen. Der grelle Widerspruch in den Ansichten und Hypothesen, die Divergenz in den Angaben der Chemiker tragen Schuld daran, dass die erworbenen Resultate nicht in befriedigenden Einklang mit einander zu bringen sind, und dass es einem noch immer schwer fällt, im trüben Lichte herkömmlicher Methoden die Thatsachen auf ihre wahre Gestalt zu erkennen. So kam es denn in der Folge, dass gewisse Beobachtungen die von so mancher authentischer Seite als Satzungen proclamirt wurden, sich als solche in der Literatur und Wissenschaft einbürgerten, Satzungen die nachträglich am Probirsteine exacter Analyse sich als unecht erweisen. Dies Schicksal theilen die meisten Arbeiten im Gebiete der Jodresorption.

Dieser Widerstreit der Meinungen und deren Collision mit anderweitig erprobten Beobachtungssätzen waren es zumeist, die mein Vertrauen in die allgemein adoptirten Ansichten erschütterten, und mich bewogen, dieselben einer unbefangenen Revision zu unterziehen, was mir durch die besondere Güte und Unterstützung des Herrn Prof. Dr. Schneider in dessen Laboratorium gestattet war. Im Laufe meiner Untersuchungen war ich stets darauf bedacht, dieselben von fremden Einflüssen möglichst zu emancipiren. Wer da

weiss wie ungemein schwer es ist, Laien für ein genaues Eingehen auf wissenschaftliche Intentionen zu gewinnen; wer da weiss, wie bei längeren Versuchen die Ignoranz der meisten Patienten unlautere Absichten von Seite des Arztes wittert, und durch Gleichgiltigkeit oder Fahrlässigkeit den Erfolg der Experimente vereitelt, der wird es sicherlich würdigen, wenn der Arzt, wo es sich um Constatirung physiologischer Thatsachen handelt, eine ganze Reihe von Versuchen an seiner eigenen Person durchmacht, und die Überwachung und Durchführung der Detaillösung in seine eigene Hand nimmt. Und sollte es mir auch nur gelungen sein, durch meine Untersuchungen einige Streiflichter über das zum Theile dunkle Gebiet der Jodresorption verbreitet zu haben, so will ich gerne gediegeneren Kräften das Verdienst überlassen, die gefundenen Thatsachen besser aufgehellt und verwerthet zu haben.

Vier Wege sind es in der Regel, auf denen das Jod und seine Verbindungen in den menschlichen Organismus gelangen. Diese vier Atrien sind: die Respirationsorgane, der Verdauungsapparat, das Hautorgan und der Darmcanal. Der Weg durch die Athmungswerkzeuge wird von den Ärzten nur selten gewählt wegen der Intensität des Reizes, den das Jod in Dampfform auf den Organismus ausübt. Der Weg durch den Verdauungstract ist der am meisten betretene und beliebte. Der Weg durch das Hautorgan wird von den Beobachtern blos für das freie Jod zugegeben, bei den übrigen Verbindungen jedoch beharrlich geleugnet, obgleich, wie ich in der Folge beweisen will, mit grossem Unrechte; endlich der Weg durch den Darmcanal wir kaum beachtet und gebraucht. Wir wollen zuvörderst den frequentirtesten der Wege, den durch die Verdauungsorgane einschlagen.

I. Erscheinungen und Untersuchungen nach dem inneren Gebrauche von Jodmitteln.

Bei meinen diesfälligen Versuchen begann ich mit der Einnahme kleiner Dosen von chemisch reinem Jodkalium, das in einer grösseren Menge von Wasser aufgelöst war, und ging dann nach einiger Zeit zu stärker concentrirten Lösungen über, wobei ich nebst deren Einwirkung auf den Organismus, ihr Verhalten in den verschiedenen Se- und Excreten vorzugsweise in's Auge fasste.

Bei dem durch zehn Tage fortgesetzten innern Gebrauche von 4—6 Gran Jodkalium (in 3—4 Unzen Wasser) wurde ich ausser einer mässigen Vermehrung des Speichels (der deutlich auf Jod reagirte) keine anderweitige Erscheinung gewahr. Der Appetit und das Allgemeinbefinden waren nicht im geringsten alterirt. Ich nahm hierauf durch vier Tage 1 Scrpl. Jodkalium in 6 Unzen Wasser *pro die* (auf dreimal), und bemerkte bereits am zweiten, besser noch am dritten Tage nebst stärkerer Secretion des Speichels und des Nasenschleimes, Angeregtsein des Appetites, Zunahme des Durstgefühles, ebenso des Harnbedürfnisses. In den genannten Flüssigkeiten war das Jod nach Ansäuren derselben mittelst Stärkekleister in bedeutender Menge nachzuweisen. Ich setzte sodann durch acht Tage ganz aus und nahm hierauf 1 Scrpl. Jodkalium auf 2 Unzen Wasser, davon die eine Hälfte vor, die andere nach dem Essen. Nach der zweiten Dosis trat bald ein unangenehmes Gefühl von Trockenheit im Halse und Kratzen im Schlunde auf; der Appetit wurde ein mehr lebhafter, und selbst bei Befriedigung desselben stellte sich kein Gefühl von Sättigung ein; der Durst war vermehrt, Puls jedoch ruhig, ebenso der Schlaf. Am zweite Tage stieg ich auf eine halbe Drachme Jodkalium auf zwei Unzen Wasser, am dritten Tage auf eine ganze Drachme in derselben Concentration (davon die Hälfte vor, die andere Nachmittags genommen). Dem Gefühle von Trockenheit und Kratzen im Schlunde gesellte sich im Laufe des letzten Tages ein Brennen im Magen bei. Die Speichelsecretion war nun auffallend copiös, der Speichel mehr dünnflüssig, auch der Nasenschleim wurde stärker abgesondert, und war weniger viscid als sonst; die *Conjunctiva bulbi* beider Augen war mehr injicirt und feucht; es stellte sich öfter Niessreiz ein, und completirte hiedurch das Bild des Katarrhes, den man füglich als Jodschnupfen bezeichnen kann. Nachts weckte mich nach kaum vierstündiger Ruhe ein drückender Kopfschmerz aus dem Schlafe, der bis am Morgen die brennenden Augen floh. Beim Aufstehen verspürte ich einen hohen Grad von Eingenommenheit und Wüste des Kopfes, derselbe war heiss anzufühlen, während gleichzeitig der übrige Körper von einem Frösteln ergriffen wurde; die Conjunctiva war an beiden Augen stark geröthet, letztere mehr feucht, gegen Licht bedeutend empfindlich, und von einem unangenehmen Flimmern getrübt, welches nicht minder belästigte als das zugleich vorhandene Ohren-

klingen. Das Schlingen war erschwert und schmerzhaft, die hintere Rachenwand und die Gaumenbögen namentlich rechter Seits dunkel geröthet, ebenso die rechte Mandel mehr geschwellt und injicirt. Die Zunge belegt, an den Rändern roth, die Esslust herabgestimmt, der Durst vermehrt, Puls 104. Die Secretion des Speichels, des Nasenschleimes eben so das Harnbedürfniss gesteigert, der Harn blassgelb. Zur geistigen Depression gesellte sich überdies eine Abgeschlagenheit, eine Schlaffheit in den oberen und unteren Extremitäten.

Dies ist das Bild des acuten Jodismus, wie ich dessen einzelne Züge nach Beobachtungen an mir selbst verzeichnet habe. Das Aussetzen des Jodpräparates und Bewegung im Freien genügten, um die genannten Erscheinungen in wenigen Tagen wieder verschwinden zu machen. Aus diesem Versuche geht hervor, dass bei längerem Gebrauche höherer Dosen von Jodkalium dieselben nur mit grösseren Quantitäten von Wasser zu verabreichen sind, sollen sie nicht heftige Erscheinungen in ihrem Gefolge haben; oder man muss Patienten anweisen, im Laufe des Tages grössere Flüssigkeitsmengen zu sich zu nehmen. Diese Erfahrung steht mit einer andern Beobachtung von mir im besten Einklange. Wenn ich nämlich 1 Scrpl. Jodkalium in der üblichen Verdünnung consumirte, und im Verlaufe des Tages nur ein Minimum von Flüssigkeiten zu mir nahm, so war durch 40 — 42 Stunden Jod im Harn nachweisbar, verweilte somit im Organismus durch längere Zeit, ehe es völlig zur Ausscheidung gelangte; während beim Verbrauche von grösseren Flüssigkeitsmengen das Jod bereits nach 24 Stunden aus dem Organismus weggeschwemmt und auch aus dem Harne verschwunden war. Die Diffusion verhielt sich demnach zur eingenommenen Flüssigkeitsmenge direct proportional.

Bei den erwähnten Versuchen war das Jod im Speichel, Harne, Nasenschleime, in den Thränen und im Ohrenschmalze deutlich nachzuweisen. Auch im Stuhle (sowohl im festen als im flüssigen) gelang es mir wiederholt Jod zu finden, jedoch nur in der ersten Zeit der Resorption, worüber ein Näheres später nachfolgt.

Zuvörderst sei es mir gestattet auf die Frage einzugehen, in welcher Form das eingenommene Jodkalium durch den Urin abgeschieden werde? Scharlau meint, dass das Jodkalium unzersetzt mit dem Harne abgehe. Als Beweis hiefür soll folgender Versuch

dienen. Als Scharlau bei einem von syphilitischer Exostose durch Jodkalium geheilten Kranken den Harn von 24 Stunden abdampfte, und den in Wasser gelösten Rückstand so lange mit schwefelsaurem Kupfer- und Eisenoxydul versetzte, als noch Fällung von Kupferjodür erfolgte, enthielt die abfiltrirte Flüssigkeit noch Jodkalium, das wahrscheinlich durch den Gehalt an organischen Substanzen nicht ganz zersetzt wurde. Die unter mässigem Erhitzen wieder abgedampfte Flüssigkeit gab einen Rückstand, der im Wasser gelöst und wieder darauf reagirt wurde. Auf diese Weise glaubt Scharlau sich versichert zu haben, dass das Jodkalium unzersetzt und in derselben Menge, in der es innerlich verabreicht wurde, durch den Urin zur Ausscheidung gelange. Hieraus folgert Scharlau weiters, dass die Wirkung des Jodkaliums nicht auf einem Eingehen in die organische Substanz beruhe, sondern vielmehr durch einen katalytischen Process, ähnlich jenem der durch das Ferment den Zucker disponirt in Alkohol und Kohlensäure zu zerfallen, zu erklären sei, indem durch das Jodkalium gewisse Anomalien in der Säfteanhäufung ausgeglichen werden.

Diese Ansicht von Scharlau ist ohne jeden Halt. Sie fusst einerseits auf Hypothesen, deren lockerer Bau sich gerade nicht besonders eignet, bei der Begründung der fraglichen Behauptungen hilfreich mitzuwirken; andererseits lehnt sie sich an eine mangelhafte Bestimmungsweise, indem die aus dem Harne extrahirten Jodverbindungen durch schwefelsaures Kupfer- und Eisenoxydul nicht vollständig gefällt werden. Das ist nicht der Weg, der zur Förderung wissenschaftlicher Zwecke führt.

Abweichend von dieser Anschauung und incorrecten Behandlung spricht sich Prof. Bernatzik in seiner im Ganzen vortrefflichen, gekrönten Preisschrift über Jodpräparate dahin aus, dass wie aus seiner Bestimmung des mit Kalk erhitzten Harnes und Fällung des jodcalciumhältigen Auszuges mit Chlorpalladium hervorgeht, fast die ganze Menge des innerlich genommenen Jodes sich im Harne vorfinde; doch keineswegs als unzersetztes Jodkalium, sondern an einen organischen Stoff (Harnstoff oder Ammoniak?) gebunden sei. Er fand nämlich, dass bei Verkohlung des Harnes eines Kranken, der zwei Drachmen Jodkalium *pro die* nahm, sich Jodverbindungen verflüchtigten, die in einer mit Ätzkali befeuchteten Glasröhre aufgefangen, beim Ausspülen mit Wasser deutlich Jod nachweisen liessen.

Im geglühten Harnrückstande war nur eine geringe Menge von Kali, ferner Natron, Magnesia und etwas Kalk an Jod gebunden, doch bei weitem nicht in jener Quantität, die der Menge des genommenen Jodkaliums entsprochen hätte. Das Jod soll somit nach seiner Ansicht im Organismus in anderweitige, noch unbekannte Verbindungen umgewandelt werden, und so auf die Mischung des Blutes Einfluss nehmen.

Die Behauptung Bernatzik's, dass das Jodkalium nicht unzersetzt in den Harn übergehe, findet in seiner Analyse nicht die nöthige Stütze. Der Verlust an Jod, welcher sich bei seinen Versuchen herausstellte, wird aus dem Umstande erklärlich, dass der eingedampfte Harn nicht früher mit überschüssigem Alkali versetzt war, und daher beim Vorgange der Verkohlung die Jodverbindungen sich zum Theile zersetzten und verflüchtigten. Es ist dies ein Versehen, das so manchem Analytiker bei ähnlichen Versuchen mit untergelaufen zu sein scheint, und am Vermissen des gesuchten Jods nicht geringe Schuld tragen dürfte.

Um der Lösung der Frage über das Verhalten des Jodkaliums im Harne auf qualitativem Wege näher zu rücken, schlug ich folgendes Verfahren ein. Der nach Einnahme von 1 Scrpl. Jodkalium durch 24 Stunden gesammelte Harn wurde mit einem Überschusse von kohlensaurem Natron versetzt, im Wasserbade nicht völlig zur Trockne verdunstet, und mit starkem Weingeist ausgezogen. Das alkoholische Extract mit nahezu absolutem Weingeist (von 96%) und etwas Äther übergossen, in einem wohlverkorkten Kölbchen durch 24 Stunden stehen gelassen. Die vor der zusammengeballten, krümmligen Masse abfiltrirte Flüssigkeit wurde im Wasserbade verdampft, von dem Rückstande ein Theil im Wasser gelöst, angesäuert und mit Stärkekleister auf Jod geprüft, worauf ein intensiv blauer Niederschlag erfolgte. Ein anderer Theil wurde behufs der Kalibestimmung im Porzellantiegel verkohlt, die fein gestossene Kohle mit Wasser behandelt und die filtrirte Lösung mit salpetersaurem Silberoxyde versetzt; es fiel ein käsiger Niederschlag zu Boden, der bei Zusatz von Ammoniak sich zum Theile löste, zum Theile jedoch in Form unlöslicher gelblicher Flocken zurückblieb (als Jodsilber).

Die vom Chlor- und Jodsilber abfiltrirte Flüssigkeit wurde (zur Entfernung des überschüssigen Fällungsmittels) mit Salzsäure versetzt, bis zur Trockene verdampft, der Rückstand in wenig Wasser gelöst, gab bei Zusatz von Platinchlorid einen gelben Niederschlag,

der in absolutem Alkohol sich als unlöslich erwies, daher offenbar nur Kalium enthalten konnte, das der Menge nach so ziemlich dem abgeschiedenen Jodsilber entsprach. Da schwefelsaures Kali in absolutem Alkohol unlöslich ist, das nachgewiesene Kalium somit keineswegs als Sulphat, höchstens nur spurenweise als Chlorkalium vorhanden sein konnte, war vielmehr anzunehmen, dass das gefundene Kalium dem Jod im Jodsilber correspondirte. Eine ganz genaue Ermittlung des Kaliumgehaltes wäre nur auf dem Wege quantitativer Analyse zu erreichen. Man müsste zuvor die Menge des im 24stündigen Normalharne befindlichen Kaliums quantitativ bestimmt haben, und hierauf nach innerem Gebrauche von Jodkalium und Beibehaltung der Nahrungsmittel wieder auf quantitativem Wege zu eruiren suchen, inwiefern der Kaliumgehalt des 24stündigen Harnes zugenommen habe, um denselben mit der genau bestimmten Jodmenge in Einklang zu bringen. Die Analyse ist jeden Falles eine complicirte und schwierige. Auch waren es ganz andere Zielpunkte, die meine volle Aufmerksamkeit in Anspruch nahmen.

Auf das Erscheinen des Jodkaliums im Harne wollen wir das Verhalten des Jods in einem anderen Excrete des Organismus, im Stuhle folgen lassen. Es wird noch immer von Vielen angenommen, dass kein Jod unter normalen Verhältnissen mit den Fäcalmassen ausgeschieden werde. Auch Bernatzik schliesst sich dieser Ansicht an (l. c. pag. 43) und hebt besonders hervor, dass er weder im diarrhöischen noch im natürlichen Stuhle je die Spur einer Jodverbindung nachweisen konnte. Minder apodiktisch sind die Angaben von Schäfer formulirt, in seiner Arbeit über Aufsaugung und Ausscheidung der gebräuchlichsten officinellen Jodpräparate (Sitzungsberichte der kais. Akademie d. Wissenschaften, XXXII. Bd., pag. 143 — 156). Bei der Analyse von Fäcalstoffen nach Einnahme von Jodkalium fand Schäfer zumeist kein Jod, und nur in einigen wenigen Fällen konnte er letzteres nachweisen. Bei der Sorgfalt, welche Schäfer auf die Ermittlung der Ausscheidungsmengen von Jodkalium durch den Harn in den einzelnen Stunden verwendete, ist es zu verwundern, dass ihm der Umstand nicht auffiel, warum er in vielen Fällen kein Jod im Stuhle finden konnte, während es ihm hie und da dennoch gelang, ganz kleine Mengen von Jod im Stuhle zu entdecken? Ohne noch damals von den einschlägigen Versuchen Schäfer's unterrichtet zu sein, war ich bemüht, die zum Theile sich

widersprechenden Angaben der Autoren, einer unbefangenen Prüfung zu unterziehen. Durch wiederholte Untersuchungen meiner eigenen als auch der Fäcalmassen von diarrhöischen Kranken, habe ich in der Folge die Gewissheit erlangt, dass beim Genusse von Jodkalium in der ersten Zeit der Resorption nicht blos mit dem Harne, sondern auch mit den Stuhlentleerungen stets Jod ausgeschieden werde. Um in den letzteren die Gegenwart des Jodes zu ermitteln, bediente ich mich des folgenden Verfahrens.

Die mit überschüssigem kohlensaurem Kali versetzten Fäcalstoffe wurden im Wasserbade unter öfterem Umrühren bis zur Trockne eingedampft, hierauf die Masse unter wiederholtem Zusatze von kohlensaurem oder Ätzkali vorsichtig geglüht. Die genaue Beachtung dieser Kautele ist von grösstem Einflusse auf den Erfolg der Analyse, da sonst der Schwefel, der im Stuhle enthaltenen Gallensäuren sich zu Schwefelsäure oxydirt und das Jod fortjagt, ferner müssen die sauren phosphorsauren Salze in basische verwandelt werden, indem sie sonst das Alkali dem Jode entziehen und letzteres sich verflüchtigen lassen. Die im Porzellantiegel bis zur Verkohlung der organischen Substanzen erhitzte Masse wird sodann gepulvert, mit sehr starkem Weingeiste ausgezogen, das alkoholische Extract zur Trockne verdunstet und der Rückstand in wenig Wasser gelöst. Man säuert nun die alkalische Flüssigkeit mittelst verdünnter Schwefelsäure an, lässt etwas Schwefelkohlenstoff, hierauf Schwefelsäurehydrat zutropfen, in welches Untersalpetersäure eingeleitet wurde; nach einigem Umschütteln der Flüssigkeit nehmen die Kohlensulphidtheilchen (wenn Jod zugegen ist) eine violetrothe Färbung an. Der bei allen Versuchen als Reagens verwendete Schwefelkohlenstoff war im Laboratorium durch Destillation gereiniget, was vom Belange ist, indem bei Vornahme der Reaction mit einem Schwefelkohlenstoffe der freien Schwefel enthält, die kaum entstandene violete Färbung der Kohlensulphidtheilchen ungemein rasch verschwindet. Dass diese jähe Entfärbung durch den Schwefel des zersetzten Schwefelkohlenstoffes bedingt sein kann, dafür spricht folgender Versuch. Wenn man in eine Lösung von Jod in Jodkalium etwas Schwefel gibt, und zur angesäuerten Flüssigkeit Schwefelkohlenstoff hinzufügt, so entfärbt sich die anfangs purpurrothe

Lösung nach einigem Schütteln mehr und mehr, bis sie zuletzt ganz fahlgelb erscheint.

I. Versuch. Ich nahm einen Scrpl. Jodkalium in 6 Unzen Wasser. Der 24 Stunden nach der letzten Dosis entleerte Stuhl wurde nach obigem Verfahren unter genauer Beachtung der erwähnten Kautelen behandelt. Die als Endproduct der Analyse gewonnene alkoholische Flüssigkeit zeigte auf Ansäuern und Zusatz von Stärkekleister keine Spur einer Jodreaction. Ein anderer Theil der Probeflüssigkeit wurde in genannter Weise mit Schwefelkohlenstoff geprüft, die Kügelchen des Letzteren blieben unverändert weiss. Somit war in der Flüssigkeit keine Spur von Jod vorhanden. Ein ähnliches negatives Resultat ergab die Fäcalanalyse, als sie in einem andern Falle erst 12 Stunden nach dem Genusse von Jodkalium vorgenommen werden konnte.

II. Versuch. Der 6 Stunden nach verbrauchter letzter Dosis von einer halben Drachme Jodkaliums (auf dreimal genommen) untersuchte Stuhl liefert zuletzt eine alkalische Flüssigkeit, die bei Behandlung mit Schwefelkohlenstoff (wie oben), dessen Kügelchen eine violetröthliche Färbung ertheilte. Es war somit in der Probeflüssigkeit eine ganz geringe Menge von Jod anwesend.

III. Versuch. Nachdem ich durch fünf auf einander folgende Tage 16 Gran Jodkalium *pro die* eingenommen hatte, wurden am sechsten Tage, nicht ganz 6 Stunden nach Verbrauch der letzten 10 Grane (wo der angesäuerte Harn mit Stärkekleister die schönste Jodreaction ergab), die Fäcalmassen obiger Procedur unterworfen. Die wässerige Lösung des alkoholischen Auszuges gab auf genannte Weise mit Schwefelkohlenstoff behandelt, eine deutlich violete Färbung der Tröpfchen, die sich jedoch bereits nach wenigen Secunden verlor, eben so die mit Stärkekleister erhaltene bläulichviolete Färbung der oberen Flüssigkeitsschichten. Diese rasche Entfärbung dürfte von einer Einwirkung der Chlorverbindungen und Bildung von Fünfach-Chlorjod (ClJ_5) hergerührt haben. Die Erscheinung weiter verfolgend, wurde ein Theil der Probeflüssigkeit mit salpetersaurem Silberoxyde versetzt, wobei ein reichlicher Niederschlag entstand, der auf Zusatz von Ammoniak sich zum grössten Theile löste, mit Hinterlassung einer kleinen Menge gelblicher Flocken von Jodsilber. Ein anderer Theil der angesäuerten Flüssigkeit wurde mit Äther geschüttelt, es zeigte

sich hierauf eine braune Färbung der oberen Schichten, während die unteren sich entfärbten. Es war somit die Gegenwart von Jod in der Probeflüssigkeit ausser Frage gestellt.

IV. Versuch. Bei einer Patientin, die wegen hochgradiger Migraine 15 Gran Jodkalium *pro die* bekam, wurde nach achtzehntägigem Gebrauche des Präparates der etwa sieben Stunden nach Einnahme der letzten Dosis erfolgte Stuhl in ähnlicher Weise, wie oben, untersucht. Auch in diesem Falle verschwand die kaum erhaltene violete Färbung der Kohlensulphidtheilchen nach wenigen Secunden. Vielleicht dürfte ausser den Chloriden eine noch nicht näher bekannte Substanz organischen Ursprunges daran Schuld tragen, dass eine so rasche Entfärbung der Jodstärke oder des Jodschwefelkohlenstoffes eintritt. Dieses ungemein rasche Verschwinden der Reactionsfarbe, vielleicht auch die Eingangs der Procedur nicht stets gehörig beobachtete Fixirung durch überschüssiges Alkali dürften es einigermassen erklären, dass die in den Stuhl übergehenden geringen Mengen von Jod in der Mehrzahl von Fällen ganz übersehen wurden. Es müsste nur in einzelnen Fällen das Fehlen von Jod in dem Umstande gelegen sein, dass der Stuhl erst 10—24 Stunden nach dem letzten Jodgebrauche Gegenstand der chemischen Untersuchung war; in welchem Falle das Jod, wie der erste Versuch lehrt, im Stuhle sich nicht mehr vorfindet, während es in den ersten 4—7 Stunden nach dem inneren Gebrauche von Jodmitteln stets in den Darmentleerungen zugegen ist.

V. und VI. Versuch. Ich gab einer 50jährigen hochgradigen Phthisikerin, die an Diarrhöe litt, 15 Gran Jodkalium in 6 Unzen Wasser (auf zweimal). Die etwa drei und vier Stunden nach Einnahme der zwei Dosen erfolgten schleimigflüssigen Stuhlentleerungen wurden wie oben behandelt und mit Schwefelkohlenstoff auf Jod geprüft. Die violetrothe Farbe der Kügelchen war ehe eine mehr lebhafte zu nennen, als in der bisher untersuchten normalen Darmcontentis (vielleicht ob geringerer Menge von Chlorverbindungen im Stuhle). Auch bei einem 45jährigen Manne, der wegen eines chronischen Darmkatarrhes in ärztlicher Behandlung war, und dem ich durch drei Tage 12—15 Gran Jodkalium *pro die* verabreichte, konnte das Jod in den diarrhöischen Stuhlgängen in ganz ähnlicher Weise

deutlich ermittelt werden. Das Jodkalium nahm in keinem der beiden Fälle auf die Zahl oder Menge der flüssigen Entleerungen irgend einen merklichen Einfluss.

Bei dieser Gelegenheit dehnte ich das Experiment auch auf zwei andere Jodpräparate aus, über deren Verhalten in den Excreten selbst die neueren Angaben nichts weniger als einig und genau zu nennen sind. Es sind dies das Jodeisen und das Jodquecksilber.

Nach Gebrauch des Jodeisens gibt Docent Dr. Heller an (im ärztlichen Berichte des allgemeinen Krankenhauses vom J. 1857, S. 258), das Jod im Harne und Speichel und gleichzeitig das Eisen meist als Sulphid in den nicht diarrhöischen Fäcalmassen gefunden zu haben. Bei gleichzeitiger Diarrhöe aber wurde neben der Eisenverbindung auch das Jod im Stuhle nachgewiesen; dasselbe wurde bemerkt nach dem inneren Gebrauche von Jodquecksilber, wo das Quecksilber als Sulphid im Stuhle zu finden war. Noch bestimmter und exclusiver spricht sich Bernatzik (l. c. p. 19) aus. Jodeisen innerlich genommen, erleidet im Organismus eine derartige Zersetzung, dass das Jod durch den Harn, das Eisen hingegen durch den Stuhl ausgeschieden werde. Weder sind im Urin Spuren von Eisen, noch im Stuhle Spuren von Jod anzutreffen.

Nach meinen vorausgegangenen Untersuchungen über den Jodgehalt der Darmentleerungen war es mir schon *a priori* unwahrscheinlich, dass die Natur diese von den Theoretikern ihr octroyirte schematische Sonderung sich werde gefallen. Um mich des wahren Sachverhaltes zu vergewissern, nahm ich eine Drachme frisch bereiteten *Syrup. ferri jodat.* (nach unserer Pharmakopöe bei 7 Gran Jodeisen enthaltend) im Verlaufe von zwei Stunden. Das Präparat verursachte mir gar keine Beschwerden und das Jod liess sich nach Verlauf einer halben Stunde im Speichel und Harne nachweisen. Der während der ersten vier Stunden entleerte Harn wurde zur Trockne verdunstet, der Rückstand eingeäschert und mit etwas verdünnter Salzsäure ausgezogen. Das Filtrat gab bei Zusatz von Ammoniak einen flockigen Niederschlag, der auf einem Filter gesammelt und mit Chlorwasserstoffsäure versetzt, sich in derselben mit gelblicher Farbe löste. Die erhaltene Lösung wurde genau neutralisirt und gab bei Zusatz von Ferrocyankalium eine schön blaue,

und mit Rhodankalium eine rothe Färbung der Flüssigkeit. Die von dem mit Ammoniak erhaltenen flockigen Niederschläge abfiltrirte Flüssigkeit zeigte mit Rhodankalium versetzt, eine blassröthliche Färbung, enthielt somit auch Spuren von Eisen.

Aus dieser Untersuchung geht evident hervor, dass nach dem innern Gebrauche von Jodeisen der Harn bereits innerhalb der ersten vier Stunden stärker eisenhältig war. Die Vermehrung des Eisengehaltes konnte diesmal einzig und allein von dem eingenommenen Präparate herrühren. Denn das im normalen Harne vorhandene Eisen ist von so höchst geringer Menge, dass man Harn von mehreren Tagen abdampfen und einäschern muss, um in der salzsauren Lösung mit gelbem Blutlaugensalz oder Schwefelammonium die bekannten Reactionen zu erzielen.

Die $4^1/_2$ Stunden nach dem Genuss der Drachme Jodeisensyrup erfolgte, stellenweise von Schwefeleisen schwarzbraun gefärbte Stuhlentleerung wurde genau in derselben Weise behandelt, wie dies bereits früher bei Untersuchung des Stuhles nach innerem Gebrauche von Jodkalium ausführlich geschildert wurde. Die als Endresultat der Analyse gewonnene alkalische Flüssigkeit gab bei der wie oben vorgenommenen Prüfung mit Schwefelkohlenstoff die bekannte Reaction. Es war somit beim Genuss von Jodeisensyrup im Harne neben dem ausgeschiedenen grössten Antheile von Jod auch eine Vermehrung des Eisengehaltes, und im Stuhle neben der reichlichen Ausscheidung von Eisen auch die Gegenwart von Jod erwiesen.

In ähnlicher Weise konnte ich nach dem innern Gebrauche von Jodquecksilber geringe Mengen von Jod (fünf Stunden nach Einnahme des Mittels) im Stuhle auffinden (was auch Schäfer gelungen war). Den Nachweis im Harne könnte ich füglich unterlassen, da er bereits von Herrn Prof. Schneider geliefert wurde, der bei Kranken die Jodquecksilber bekamen, den Harn von sechs Tagen verarbeiten musste, um in demselben Spuren von Quecksilber zu constatiren.

II. Absorption der Jodmittel durch das Hautorgan.

A. Bei directer Anwendung auf dasselbe in Form von Salben.

Die Mehrzahl der Beobachter ist darüber einig, dass das freie Jod (wie es in der Jodtinctur enthalten ist) durch die unver-

sehrte Oberhaut zur Resorption gelange. Ich habe als Secundararzt auf den medicinischen Abtheilungen des hiesigen allgemeinen Krankenhauses eine lange Reihe von Fällen (pleuritische Exsudate, scrophulöse Drüsentumoren, Bubonen, Nebenhodenschwellungen, Hydrocelen, Periostitiden der Ober- und Unterextremitäten) beobachtet, in denen Jodtinctur bei vollkommener Integrität der Oberhaut eingestrichen wurde. Die betreffenden Theile wurden mit Guttaperchapapier und einem gut anliegenden Tuche umgeben. Das Jod war in den genannten Fällen nach Ablauf von $^1/_2$ — 2 Stunden im angesäuerten Harne mittelst Stärkekleister oder Chloroform nachzuweisen. Bei Affectionen drüsiger Organe gelang dies am frühesten, bei den anderweitigen Erkrankungen dauerte es länger, bis man eine prägnante Reaction erbielt. Bei weit unten am Körper befindlichen Beinhautentzündungen (am Fussrücken, an den Zehen) konnte überdies von einer Aufnahme des flüchtigen Jodes durch die Respirationsorgane nicht mehr füglich die Rede sein.

Allein nur für das freie Jod wird der Haut das Absorptionsvermögen zugestanden, für die Verbindungen des Jods dagegen (z. B. Jodkalium) von den Autoren geleugnet. Es herrscht noch allenthalben die Ansicht, dass wenn eine Salbe sich durch ihren Jodgehalt als wirksam erweist, und nach Gebrauch derselben Jod in den Se- oder Excreten aufzufinden ist, es nicht mehr das Jodkalium war, das als solches zur Resorption gelangte, sondern wie schon der Augenschein lehrt, das die Salbe durch einen Zersetzungsprocess gelbfärbende freie Jod. „Epidermatisch", sagt unter Anderen Kletzinsky (in seinem Commentare zur neuen Pharmakopöe pag. 476), wirkt nur das freie Jod und nur solche binäre Verbindungen desselben, die bei gewöhnlicher Temperatur flüchtig sind. Bei Mitteln, die scheinbar eine Ausnahme statuiren, beruht der Erfolg auf einer chemischen Täuschung, d. h. auf einer unbekannten, unabsichtlichen Ausscheidung freien Jodes, wie z. B. bei der gewöhnlichen Kropfsalbe aus Jodkalium und Schweinefett, die um so besser wirkt, je älter und ranziger sie ist, d. h. je mehr Jodwasserstoff und Jod aus dem Jodkalium durch die neugebildeten Fettsäuren abgeschieden wurden". Auch C. W. Braune hebt in seiner Inauguraldissertation (*De cutis facultate resorbendi, Lipsiae 1856*, auszugsweise auch in Virchow's Archiv, XI. Band, pag. 295) hervor, dass bei seinen wiederholten Versuchen mit ausgebreiteten Einreibungen sehr starker

Jodkaliumsalben am Thorax und Unterleibe, die Analyse weder im Harne noch im Speichel die geringste Spur von Jod auffindig machen konnte.

Diese bestimmte Miene der Behauptungen vermochte jedoch nicht alle meine Zweifel zu beschwichtigen. Es blieb mir immerhin nicht recht einleuchtend, warum bei Inunctionen mit der grauen Salbe ein mechanisches Eintreiben von Quecksilbertheilchen durch die intacte Oberhaut und deren nachträgliche Resorption statthaft sei; und warum nicht das in etwas Wasser gelöste und mit Fett innig verriebene Jodkalium, bei seiner ungemein grossen Diffusibilität, in gleicher Weise wie der Mercur in und durch die Schweisscanäle und Haarbälge eindringen, und in die Ausläufer der Resorptionsbahn gelangen könne?

Ehe ich an das Experiment appellirte, war mir zuförderst daran gelegen, eine ganz reine Jodkaliumsalbe (die nicht freies Jod enthielte) zu gewinnen. Ich brachte dies auf folgende Weise zu Stande. Frischer Filz (das Netz von kurz bevor geschlachteten Schweinen) wurde in kleine Stücke geschnitten, und in einem reinen Tiegel über gelindes Kohlenfeuer etwa bis zur Hälfte geschmolzen (um nicht die weiteren Verunreinigungen mit in den Kauf zu bekommen). Das flüssige Fett wurde durch ein Flor filtrirt, davon eine halbe Unze mit einer halben Drachme früher in ganz wenig destillirtem Wasser gelöstem Jodkalium in einem reinen Porzellanmörser innig verrieben. Dies Verfahren lieferte eine ausnehmend weisse Salbe, die in einem luftdicht schliessenden Glase an einem kühlen Orte aufbewahrt, durch 4 — 5 Tage ihre weisse Farbe conservirte, während welcher Zeit ich sie wiederholt Herrn Prof. Schneider und den im Laboratorium Arbeitenden zeigte, welche dieselbe gleichfalls schön weiss fanden. Erst nach 5 — 6 Tagen fingen die den Glasstöpsel zunächst umgebenden Salbentheilchen an sich gelblich zu färben (durch Einwirkung der Luft auf das Fett), während im Innern des Gefässes die Salbe noch ihre weisse Farbe behauptete, bis nach mehrmaligem Lüften auch der Inhalt des Glases allmählich eine von aussen und oben nach ab- und einwärts schreitende gelbliche Färbung annahm.

Von der nach obiger Anweisung frisch bereiteten, rein weissen Salbe rieb ich mir die Hälfte (etwa zwei Drachmen) mit eigener Hand unter sanftem Streichen und kreisförmigen Bewegungen all-

mählich auf der Brust, am Bauche (bis zum Nabel) und am Rücken ein, welche Manipulation auf jeder der benannten Stellen je 6 — 8 Minuten, im Ganzen somit 20 — 25 Minuten in Anspruch nahm. Ich begab mich eine Stunde darauf zu Bette und bedeckte mich (zur Herbstzeit) mit einer ganz leichten Sommerdecke, um eine stärkere Transspiration hintan zu halten. Nach etwa siebenstündigem Schlafe zeigte sich des Morgens an der Haut keine Spur einer Veränderung, als ich dieselbe an den zugänglichen Stellen (was in der Folge bei Anderen besser thunlich war) mit der Loupe durchmusterte; sie fühlte sich allenthalben weich und geschmeidig an. Der in den nächsten 24 Stunden entleerte Harn wurde mit überschüssiger Kalilauge versetzt, im Wasserbade nicht ganz zur Trockne verdunstet, und zuerst mit starkem dann nach wiederholtem Abdampfen mit absolutem Alkohol und Äther ausgezogen. Das in etwas Wasser gelöste Extract gab in der bisher üblichen Weise mit Schwefelkohlenstoff geprüft, eine schöne violete Färbung der Kügelchen. Eine noch schönere und überzeugende Reaction werde ich im späteren Verlaufe anführen, wie sie bei den ferneren Untersuchungen zur Anwendung kam.

Der innerhalb 24 Stunden abgesonderte, mehr dünnflüssige Speichel wurde in einem Becherglase erhitzt, mit einem in Salzsäure getauchten Glasstabe die Gerinnung des Eiweisses in der heissen Flüssigkeit befördert, dieselbe filtrirt, und das neutral reagirende Speichelfluidum mit überschüssigem Ätzkali versetzt, im Wasserbade eingedampft. Der in wenig Wasser gelöste Rückstand gab mit Schwefelkohlenstoff die bekannte Reaction.

2. Versuch. Die andere Hälfte der Salbe rieb ich einem bei mir wohnenden 17jährigen, gesunden Individuum ein. Die Analyse des Harnes von 24 Stunden gab die Anwesenheit von Jod nach dem obigen Verfahren deutlich zu erkennen. Der jedoch etwas stärker angesäuerte und aus Vergessenheit durch einen Tag stehengebliebene Speichel von 24 Stunden liess bei der später vorgenommenen Analyse keine Spur von Jod entdecken. Dies negative Resultat ist insofern belehrend, als es darthut, wie das Ausserachtlassen kleiner Kautelen den Erfolg der Untersuchung gänzlich in Frage zu stellen geeignet ist.

3. Versuch. Eine halbe Unze nach obiger Anweisung gewonnener Salbe wurde mit einer Drachme in etwas destillirtem

Wasser gelösten Jodkalium innig verrieben. Die erhaltene Salbe war von rein weissem Aussehen; ich rieb mir dieselbe wie bei beiden vorausgegangenen Versuchen an der vorderen und rückwärtigen Thoraxpartie und am Unterleibe ein. Die Untersuchung des Harnes und Speichels von 24 Stunden lieferte auch in diesem Falle den deutlichen Nachweis von resorbirtem Jode.

B. Absorption des Jodkaliums durch die Haut im Bade.

Durch eine Reihe seit Séguin angestellter Beobachtungen (von Young, Collard de Martigny, Madden, Berthold) wurde die Aufsaugung des Wassers im Bade von Seite der unversehrten Hornschichte der Epidermis (durch erwiesene Zunahme des Körpergewichtes) zur Thatsache erhoben, der auch ausgezeichnete Forscher wie Valentin, Donders und Kölliker ihre Anerkennung nicht versagen. Unter den Chemikern sind es vorzugsweise Lehmann und Kletzinsky, welche diese Annahme bekämpfen. Der Nachweis der Übergangsmenge des Wassers im Bade durch die intacte Oberhaut ist allerdings mit sehr erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Die hiebei erforderlichen Wägungen des Körpers, des Badewassers, die Bestimmungen des Verlustes durch Lungenausdünstung geben namhafte Fehlerquellen ab, die das Resultat der Versuche nicht unbedeutend trüben.

Leichter scheint der Nachweis für die Aufnahme von Stoffen durch die Epidermis zu sein, die als solche im Organismus nicht vorhanden sind, sondern demselben erst in ihrer Lösung im Badewasser zugeführt werden sollen. Man möchte glauben, dass bei Stoffen, deren letzte Spuren noch von der chemischen Analyse verfolgt werden, entweder durch ihr plötzliches Auftreten in den Ausscheidungsproducten des Organismus oder durch deren Verminderung in dem die Oberhaut umspülten Badewasser die Entscheidung über Ein- und Aufsaugung eher getroffen werden könne. Allein die Chemie hat gerade nicht besonders viel dazu beigetragen, diese dunkle Seite der Resorptionsfrage besser zu beleuchten. Die negativen Erfolge der Analyse haben der unversehrten Haut das Absorptionsvermögen für Lösungen von Jodverbindungen ganz und gar abgesprochen. Dieser Befund wurde somit in den Rang einer Thesis erhoben. Die als abgeschlossen betrachtete Frage hatte

einen förmlichen Stillstand in den diesfälligen Untersuchungen zur Folge.

So spricht unter Anderen Heller (im Anhange zum Jahresberichte des allgemeinen Krankenhauses von 1855, pag. 134) sich über den fraglichen Punkt folgendermassen aus. Meine frühere Entdeckung, dass gelöstes Jodkalium eben so wenig wie viele andere gelöste Salze vom Körper resorbirt werde, bestätigen auch alle heuer angestellten Versuche. Im Jahresbericht von 1858 heisst es späterhin (pag. 346): Blos flüchtige Substanzen werden von der unversehrten Haut aufgenommen und dem Blute zugeführt, während dies bei nichtflüchtigen Präparaten, wie Jodkalium, nicht der Fall ist. Zu einem ähnlichen Resultate gelangten auch Kletzinsky's lutronomischen Experimente. Er verweilte drei Stunden lange in einem mit zwei Unzen Jodkalium versetzten Bade, doch war in dem 1½ darauf entleerten Harn keine Spur von Jod nachzuweisen. Der nach Zusatz von kohlensaurem Natron eingeäscherte und mit Alkohol extrahirte Harn lieferte beim Verdampfen einen kaum sichtbaren Rückstand, der mit Stärke und Untersalpetersäure geprüft, weder blaue noch röthliche Farbentöne sich einstellen machte.

Aus meinen einschlägigen Beobachtungen über Jodermittlung in den verschiedenen Se- und Excreten glaube ich schliessen zu können, dass bei den Versuchen von Kletzinsky die mit Stärke und Untersalpetersäure erhaltene, schwach violete Färbung der oberen Flüssigkeitsschichten im Momente ihrer Entstehung verschwand, vielleicht auch gar nicht zum Vorscheine kam, weil durch Einwirkung der Chlorverbindungen farbloses Fünffach-Chlorjod sich bildete, wozu es bei dem relativ geringen Atomgewichte des Chlors im Verhältnisse zu dem des Jods nur höchst kleiner Mengen von Chlor bedarf. Ich hatte bei den Versuchen über den Jodgehalt der Darmentleerungen vielfach Gelegenheit, ähnliche Erfahrungen zu machen. Ein zufällig gefundenes, in der Folge näher anzugebendes Verfahren verhalf mir zum eclatanten Nachweise der nach einem jodkaliumhältigen Bade im Harne latenten, und daher übersehenen geringen Mengen von Jod.

Auch die von Schäfer wieder aufgenommenen Bestimmungen der Jodaufsaugung in einem jodkaliumhältigen Bade fielen in negativem Sinne aus: in drei Eimern Badewassers war eine Unze Jod-

kalium gelöst, die Badezeit betrug 2—3 Stunden bei einer Temperatur von 20—35° C. Schäfer sammelte den Harn, der durch 34 Stunden nach dem Bade gelassen wurde, dampfte denselben ein, verkohlte den Rückstand mit Ätzkali und zog die Kohle mit Wasser aus. Der alkalische Auszug wurde zuerst mit Schwefelsäure vorsichtig neutralisirt und mit der Hempel'schen Probe auf Jod untersucht, wobei nicht die leiseste Jodreaction zu bekommen war (l. c. pag. 152).

Während bei den Versuchen von Kletzinsky der Nachweis des Jods an der Endreaction scheiterte, ging er bei Schäfer's Experiment bereits im Beginne der Analyse verloren. Wenn Schäfer den nach dem Bade gelassenen 24stündigen Harn zur Trockne brachte und erst den Rückstand bei der Verkohlung mit Ätzkali behandelte, so war offenbar die gleich Eingangs der Procedur ausser Acht gelassene Fixirung des Jods durch überschüssiges Alkali daran Schuld, dass das Jod beim Abdampfen flüchtig wurde und sich hiedurch jedem ferneren Nachweise entzog. Auch der von Schäfer bei einem Kranken mit Bauchwassersucht (bei Einnahme von Jodkalium) angestellten Untersuchung über den Jodgehalt der Punctionsflüssigkeit, haften die eben erwähnten Fehler an, daher sämmtliche erhaltene Ziffern einer Correctur bedürfen.

Wenn auch die schwere Permeabilität der unversehrten Epidermis zugestanden werden muss, so ist doch nach der vorliegenden langen Reihe von glaubwürdigen Beobachtungen die Aufsaugung des Wassers durch die Oberhaut nicht mehr füglich in Abrede zu stellen. Ist durch einen längeren Aufenthalt in lauem Badewasser eine hochgradige Erweichung der Epidermis vorausgegangen, so dürfte bei weiterer Einwirkung des warmen Wassers auf die Ausmündungen der Schweisscanäle und Haarbälge der Resorption kein besonderes Hinderniss mehr entgegenstehen. Kann nun unter ähnlichen Umständen dem warmen Wasser der Übergang durch die Oberhaut nicht beharrlich verweigert werden, so dürften meines Erachtens gewisse dem Bade in einiger Menge zugesetzte Stoffe, die wie das Jodkalium eine schwache Alkalescenz zu ihrem Charakter zählen, sicherlich nicht ohne fördernden Einfluss auf die Lockerung des Gefüges und Durchdringlichkeit der Hornschichte der Epidermis sein.

Diese Betrachtungen waren es zumeist, die mich a priori für die Ansicht günstig stimmten, dass in und mit dem Badewasser ein Über-

ritt von Jodkalium durch die intacte Oberhaut statthaft sei. Dem Raisonnement folgte das Experiment auf den Fuss, welches meine Vermuthung zur Gewissheit erhob. Bei meinem ersten diesfälligen Versuche wurde eine Unze auf seine chemische Reinheit zuvor geprüftes Jodkalium, in eben so viel destillirtem Wasser aufgelöst, dem Badewasser zugesetzt und dasselbe gut umgerührt. Die Temperatur des Bades betrug 26° R., die des geheizten Zimmers 18°, Dauer des Bades eine volle Stunde, Puls 84, das Integument des Körpers völlig unversehrt. Nach dem einstündigen Bade stieg ich auf einige Minuten in ein zweites von 18° R., um die Mündungen der Harnröhre und des Mastdarmes zu reinigen. Der erste Harn wurde 3½ Stunden nach genommenem Bade entleert. Die durch 24 Stunden gesammelte Menge desselben wurde mit überschüssigem Kalihydrate versetzt, im Wasserbade bis zur dicken krystallinischen Masse verdunstet, letztere zuerst mit starkem, dann nach abermaliger Eindickung mit nahezu absolutem Alkohol (von 96%) und Äther ausgezogen. Das nach 24stündigem Stehenlassen gewonnene Extract in wenig Wasser gelöst, die filtrirte Flüssigkeit angesäuert und mit frischem Stärkekleister versetzt, ohne jedoch eine deutliche Reaction zu erhalten. Als hierauf in der Eprouvette, die früher den Stärkekleister enthielt, ein Theil der zu untersuchenden Flüssigkeit mit diluirter Schwefelsäure sauer gemacht, sodann etwas Schwefelkohlenstoff und Schwefelsäurehydrat (das Untersalpetersäure absorbirt hatte) zugetropft wurde, färbten sich nach einigem Schütteln die allmählich herabsinkenden Kohlensulphidkügelchen bläulich und sammelten sich in Kurzem zu einem amethystfarbigen, von einem blauen Saume umrahmten grösseren Tropfen am Boden der Eprouvette an. Diese unverhoffte prächtige Farbenerscheinung hat darin ihren Grund, dass die in der Flüssigkeit früher zu sehr vertheilte höchst geringe Menge Jodes von den Schwefelkohlenstofftheilchen gleichsam aufgesogen, nun mit etwas Stärkekleister in Berührung kam. Die hiedurch zu Stande gekommene blauviolete Färbung trat besonders bei durchfallendem Lichte schön hervor.

Wenn man diesen blauen Tropfen vom darüber stehenden Harne vorsichtig decantirt, und einen Theil davon auf einen Objectträger bringt; oder was besser ist, den ganzen Tropfen auf einem Uhrglase verdunsten lässt, so bleibt ein blauer Rückstand, der mit etwas

Wasser versetzt, unter dem Mikroskope die bekannten ovalen, hin und wieder oblongen Formen von blauer Jodstärke erkennen lässt, wovon sich auch Herr Prof. Wedl zu wiederholten Malen überzeugte. Auf Zusatz von Kalihydrat entfärben sich, wie ich öfter beobachtete, die originären Jodstärkekörperchen ziemlich rasch, und bei einzelnen derselben tritt mitunter die concentrische Schichtung wieder zum Vorscheine. Wenn jedoch die oberwähnten aus dem Harne gewonnenen Jodstärkekörperchen unter dem Mikroskope mit Kalihydrat befeuchtet werden, so tritt selbst nach längerer Zeit und nach Erwärmen die mikrochemische Reaction der Entfärbung nicht ein, weil das Kalihydrat nicht auf das von wässeriger Flüssigkeit und Schwefelkohlenstoff umgebene blaue Körperchen einwirken kann, was überdies in vielen Fällen durch einen Wall von Krystallen noch mehr erschwert wird. Legt man aber das jodstärkehältige Präparat in nahezu absoluten Alkohol, der mit Kalihydrat versetzt wurde, so findet man nach einigen Tagen keine Spur von blauen Körperchen unter dem Mikroskope mehr, wie dies auch Herrn Prof. Wedl wiederfuhr.

Ich habe im Ganzen in zehn Fällen das Jod durch die oben beschriebene chemische Reaction im Harne qualitativ nachzuweisen vermocht. Davon entfallen drei Fälle auf Untersuchungen von Harn nach Einreibung der oben ausführlich besprochenen jodfreien Jodkaliumsalbe. Die übrigen sieben Fälle dienten zur Analyse des eigenen Harnes nach eben so vielen Bädern von 26—30° R., denen ½—2 Unzen Jodkalium zugesetzt wurde, wo die Badezeit 1—1½ Stunde betrug und die erste Harnentleerung 2—3 Stunden später erfolgte. Die Reaction gelang mir in allen Fällen vollständig; auch Herr Prof. Schneider hatte die Güte dieselbe zu wiederholten Malen vorzunehmen. Sie übertrifft an Schärfe des Nachweises und Deutlichkeit der Erscheinung alle bisher bekannten anderweitigen Reactionen auf sehr geringe Mengen von Jod, und ist namentlich bei der Analyse des Harnes, wo es sich um Auffindung der kleinsten Mengen von Jod handelt, von einer Empfindlichkeit und Prägnanz, die kaum was zu wünschen übrig lassen.

Bei den einzelnen Bestimmungen der späteren Versuchsreihe war ich darauf bedacht, die verschiedenen die Reinheit des Experimentes trübenden fremdartigen Einflüsse möglichst abzuhalten. Da bei einer Holzwanne, die vom Materiale zurückgehaltenen organischen

Verunreinigungen, bei einer Metallwanne die stellenweise abgelagerte Oxydschichte mich eine Zersetzung des Jodkaliums befürchten liessen, nahm ich von nun an das Bad jedesmal in einer Porzellanwanne, deren Fugen wasserdicht verkittet waren. Auch suchte ich mich zu überzeugen, dass in dem jodkaliumhältigen Badewasser keine Spur von freiem Jode (das etwa durch die Luftwege unbemerkt in den Organismus gelangen könnte) vorhanden sei. Eine Probe von der Badeflüssigkeit zeigte, mit frischem Stärkekleister versetzt, keine Spur von bläulicher oder röthlicher Färbung, eben so wenig war bei Behandlung der Flüssigkeit mit reinem Schwefelkohlenstoffe oder Chloroform auch nur die geringste Veränderung an den herabfallenden Reagenströpfchen wahrzunehmen. Nur in einem Falle färbten sich die Chloroformkügelchen violetroth, was jedoch, wie es sich bald herausstellte, von einer Verunreinigung des Chloroforms (in Folge von Zersetzung durch das Licht und Bildung von Salzsäure) herrührte, während ein anderes chemisch reines Chloroform derselben Badeflüssigkeit zugetropft, in seinen Kügelchen gar keine Veränderung erkennen liess.

Obgleich Krause (in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, II. Bd., pag. 179) versichert, das das Badewasser weder in den Mastdarm noch in die Harnröhre eindringe, sondern blos deren Mündungen umspüle, so suchte ich doch auch diese etwaige Fehlerquelle thunlichst zu eliminiren. Zu diesem Behufe befestigte ich mir vor Gebrauch des Bades am Penis eine denselben wasserdicht umschliessende Kautschukkappe, die erst nach sorgfältigem Abspülen nach dem Bade abgenommen wurde. In die *apertura ani* brachte ich keinen obturirenden Körper, weil ich bei dessen längerem Steckenlassen ein nachträgliches Erschlaffen des Schliessmuskels befürchtete, während ich bei ruhiger Rückenlage im Bade und einwärts gezogenem After mich eher auf die energische Contraction des Sphincters verlassen zu können glaubte. Es konnte somit unter diesen Umständen von einer Resorption des jodkaliumhältigen Wassers durch die Mündungen der Urethra oder des Rectums nicht mehr füglich die Rede sein. Die Untersuchung des Harnes ergab bei ähnlichen drei Versuchen die oben näher beschriebene Reaction auf Jod, wie dies bei den früheren Versuchen (ohne diese Kautele) der Fall war.

Der nach einem jodkaliumhältigen Bade jedesmal gelungene Nachweis von Jod im vierundzwanzigstündigen Harne ermuthigte

mich die Thatsache, auch auf dem Wege quantitativer Analyse weiter zu verfolgen. Zu diesem Behufe nahm ich bei abgeschlossener Urethra in einer Porzellanwanne ein Bad, dem zwei Unzen chemisch reines Jodkalium (in gleichen Theilen destillirtes Wasser gelöst) zugesetzt wurden. Die Temperatur des Bades betrug 28° R., die des Zimmers 17°, Badezeit eine Stunde zwanzig Minuten. Aus dem mit der Jodkaliumlösung verrührten Bade wurden drei Litres vor und eben so viele nach dem Gebrauche des Bades genommen. Dieser Bruchtheil der Badeflüssigkeit diente zu sechs quantitativen Bestimmungen, von denen je drei mit Wasser vor dem Bade vorgenommen, je drei Bestimmungen mit bereits gebrauchtem Badewasser entsprachen. Die quantitative Analyse wurde auf folgende Weise ausgeführt.

Ein halber Litre des jeweiligen Badewassers wurde mit kohlensaurem Natron alkalisch gemacht und bis auf etwa 100 Grammes eingeengt. Die vom gefällten Kalke des Badewassers, Epithelschuppen und zufälligen organischen Beimengungen abfiltrirte Flüssigkeit wurde mit verdünnter Salpetersäure neutralisirt, mit überschüssigem salpetersaurem Silberoxyde gefällt, hierauf mit Salpetersäure sauer gemacht, an einem warmen Orte durch etwa 24 Stunden stehen gelassen. Die klare Flüssigkeit wurde sodann decantirt, der abgesetzte Niederschlag zuerst mit verdünnter Salpetersäure, hierauf mit Ammoniak auf dem Filter vollkommen ausgewaschen. Das Filter mit Jodsilber durch 48 Stunden im Trockenofen gelassen, nach dieser Zeit das darin eingeschlossene Jodsilber in einen Porzellantiegel gebracht und das Filter eingeäschert. Um die dabei erfolgte Reduction von kleinen Jodsilbermengen auszugleichen, wurde die Filterasche im Tiegel mit starkem Weingeiste versetzt und ein Körnchen Jod darin sich auflösen gelassen; der Überschuss desselben im Wasserbade verdunstet, hierauf geglüht bis die Masse zu schmelzen anfing. Der unter dem Exsiccator erkaltete Tiegel wurde auf die Wage gebracht; auch der reine Tiegel zwischen den einzelnen Bestimmungen wiederholt gewogen:

Die erste Bestimmung mit Wasser vor und nach dem Bade ergab als Gewichtsdifferenz . . . . . 0·054 Milligrm.
die zweite Bestimmung als Gewichtsdifferenz . . 0·067 „
„ dritte „ „ „ . . 0·058 „

Der Gewichtsverlust von 0·054 Milligrm. Jodsilber entspricht 0·038 Jodkalium für den halben, und 0·076 für den ganzen Litre.

Da ich nicht in der Lage war, mir über den Massinhalt der gebrauchten Badewanne sichere und genaue Kenntnisse zu verschaffen, so begnüge ich mich vor der Hand mit dem aus den angeführten Analysen in ziemlich übereinstimmender Weise resultirenden Gewichtsverluste an Jodsilber, respective Jodkalium bei Wasser nach dem Bade, ohne mir auf die absolute Menge des vom Organismus aufgenommenen Jodkaliums einen Rückschluss zu gestatten. Auch ist darauf Rücksicht zu nehmen, dass die der einzelnen Analysen anhaftenden an und für sich wohl nur geringen Bestimmungsfehler bei der Berechnung für die gesammte Menge von Badewasser sich in bedenklicher Weise vervielfältigen.

III. Jodresorption durch den Darmcanal.

Durch die an grösseren und kleineren Thieren angestellten Versuche von Moleschott, Österlein, Donders, Herbst und Anderen wurde es erwiesen, dass feste Stoffe, wie: Pigment- und Stärkekörperchen, Schwefelblumen, Quecksilber- und Kohlentheilchen durch die unversehrten Wandungen des Darmcanales in das Blut übergehen. Flüssigkeiten werden aus der Darmhöhle um so leichter durch die Schleimhaut in die Chylusgefässe eintreten können, als hiebei die Diffusion und Capillaranziehung unterstützend mitwirken. In der praktischen Medicin ist das Aufsaugungsvermögen des Darmes schon seit geraumer Zeit bekannt. In verzweifelten Fällen, wo die Einbringung von Nahrungsmitteln in den Magen nicht mehr möglich ist, wird bisweilen zu dem nicht minder traurigen als für die Dauer zu dürftigen Surrogate ernährender Klystiere Zuflucht genommen. Auch beobachtete ich zu wiederholten Malen, dass bei Fiebernden beibehaltene kleine Wasserklystiere das Durstgefühl mildern.

Die Aufsaugung von medicamentösen Stoffen durch den Darm wurde bisher nur in wenigen Fällen zum Gegenstande eingehender Studien gemacht. Briquet hat in einer der Pariser Académie de médecine überreichten Denkschrift vorzugsweise die Absorption durch Klystiere eingebrachter Chininlösungen behandelt. Bei dysenterischen Erkrankungen will Eimer von Jodklystieren gute Erfolge beobachtet haben. Auch englische Ärzte geben an, bei schweren Fällen von Hepatitis (mit hartnäckigem Erbrechen von Galle oder

Speisen, Icterus, Schwellung nebst Schmerzhaftigkeit der Leber und Fieberdelirien) durch Klystiere von *Dct. sem. lini* mit 10 Gran Jodkalium und 5 Tropfen *Tinct. jodinae* (3—4 mal im Tage verabfolgt) eine baldige Abnahme der bedenklichen Symptome und eine Mässigung des Fiebers erreicht zu haben.

In Ermanglung besserer Arbeiten erlaube ich mir als Anhang zu meinen Untersuchungen über Jodresorption und Absorption auch einiges über Aufsaugung von Jodkaliumlösungen durch den Darm hinzuzufügen. Das Jodkalium schien mir zu solchen Versuchen besonders geeignet, wegen seiner an mir und Anderen genugsam erprobten specifischen Einwirkung auf die Schleimhäute, und weil es den präcisen Nachweis der allerkleinsten resorbirten Menge in den Secreten gestattet. Überdies kömmt die in den Darm eingebrachte Jodkaliumlösung mit einer ausgebreiteten Schleimhautfläche in Berührung, und wenn die Gedärme (wie dies bei jedem Versuche geschah) ihres Fäcalinhaltes zuvor entledigt sind, so dürften für die Aufsaugung die günstigsten Bedingungen gegeben sein.

Bei meinem ersten diesfälligen Versuche liess ich mir an einem Vormittage bei nüchternem Magen ein Klystier von 4 Unzen destillirtem Wasser, in welchem 1 Scrupel Jodkalium gelöst war, beibringen. Ich blieb durch zwei Stunden auf dem Ruhebette liegen; das Klystier wurde den ganzen Tag über behalten. Während ich ruhig liegend las, wurde ich nach ungefähr drei viertel Stunden durch ein Kratzen im Halse unwillkürlich darauf aufmerksam, dass die Resorption des Jodkaliums sich hiermit ankündige. Ich kannte dies Symptom noch von meinen Versuchen mit innerlich genommenem Jodkalium her. Eine Viertelstunde darauf stellte sich eine merkliche Vermehrung des Speichels ein. Der blassgelbliche Harn und der mehr dünnflüssige Speichel gaben angesäuert beim Zusatz von Stärkekleister einen tiefblauen Niederschlag; der Nasenschleim erst nach 3—3½ Stunden. Das Kratzen im Schlunde dauerte durch 10 — 12 Stunden. Zur reichlicheren Absonderung des Speichels und Nasenschleimes gesellten sich im Laufe des Tages Eingenommenheit des Kopfes, Niessreiz, stärkere Injection und Secretion der Bindehaut, wie ich dies beim Jodschnupfen nach internem Gebrauche von grösseren Dosen Jodkalium zu verspüren flegte. Bei vollem Magen dauerte es über 1½ Stunde bis die prägnante Reaction zu erzielen war.

Bei einem geringeren Jodkaliumgehalte der Klystiere (von 10 — 3 Gran) ergab die Reaction mit Stärkekleister nach $1^1/_2$ — 2 Stunden ein starkes Blau in Harne. Ein Clysma von 1 Gran Jodkalium in 2 Unzen Wasser gab nach $1^1/_2$ Stunden im angesäuerten Harne, dem Schwefelkohlenstoff und rauchende Salpetersäure zugetropft wurde, einen violetrothen Niederschlag, der bei Zusatz von etwas Stärkekleister in's Bläuliche spielte. Bei einem Clysma von $^1/_2$ Gran Jodkalium auf 2 Unzen Wasser (also bei 1900facher Verdünnung) brauchte es in der Regel $2^1/_2$ — 3 Stunden, bis die erwähnte Reaction deutlich zu bekommen war.

Aus diesem Versuche geht hervor, dass concentrirte Lösungen von Jodkalium in den Darm eingebracht in kurzem dieselbe Reihe von Symptomen hervorrufen, wie sie beim innern Gebrauche des Präparates aufzutreten pflegen, und bei länger fortgesetzter Injection in die Darmhöhle oder Steigerung der Concentration sicherlich auch toxische Wirkungen erzeugen würden. Allein auch sehr verdünnte Lösungen werden, wie wir gesehen haben, von der Darmschleimhaut resorbirt, und lassen sich deren Spuren in den Ausscheidungen verfolgen.

Ich glaube dass die Wirkung von Jodklystieren in therapeutischer Beziehung viel zu wenig gekannt und gewürdiget wird. Bei dem allgemein anerkannten Werthe der meisten Jodpräparate ist anzunehmen, dass dieselben auch bei einzelnen Affectionen der Darmschleimhaut oder der angrenzenden Gebilde (der Prostata, des Uterus) bei Hypertrophien und Exsudaten im Beckenraume (behufs Umstimmung der Secretion oder Resorptionsanregung) sich bei mehr directer Einwirkung durch den Darm als vortheilhaft bewähren würden.

Diese im Laufe eines Jahres bei meinen Untersuchungen über Jodresorption und Absorption gewonnenen Resultate lassen sich in nachfolgenden Schlussfolgerungen resumiren:

1. Grössere Dosen von Jodkalium verweilen bei Zusichnahme von wenig Flüssigkeit längere Zeit im Organismus, während sie beim Consum grösserer Flüssigkeitsmengen viel rascher aus dem Körper weggeschwemmt, durch dessen Se- und Excrete zur Ausscheidung gelangen.

2. Beim innern Gebrauche von Jodkalium wird Jod nicht blos durch den Harn, Speichel und andere Secrete, sondern in den ersten 4 — 7 Stunden (wo überhaupt das meiste Jod in den Secreten erscheint) auch stets durch den Stuhl ausgeschieden, sowohl bei normaler als auch diarrhöischer Beschaffenheit der Darmentleerungen.

3. Beim Gebrauche von Jodeisen ist im Harne neben dem ausgeschiedenen grössten Antheile von Jod auch eine Vermehrung des Eisengehaltes, und im Stuhle neben der reichlichen Ausscheidung von Eisen auch die Gegenwart von Jod nachzuweisen. In ähnlicher Weise verhält sich auch das Jodquecksilber.

4. Bei Einreibungen von jodfreier Jodkaliumsalbe auf einer grösseren Fläche unversehrter Oberhaut ist die Resorption von Jod sowohl im Harne als auch im Speichel zu constatiren.

5. Bei längerer Einwirkung von lauem jodkaliumhältigen Badewasser auf die intacte Epidermis ist Jod (selbst nach Abschliessung der Urethra und des Rectums) stets im Harne nachzuweisen; was durch bestimmbare Abnahme des Jodgehaltes im Wasser nach dem Bade indirect bestätigt wird.

6. Die Jodresorption geht auch durch die Schleimhaut des Darmcanals rasch vor sich; selbst sehr verdünnte Lösungen von Jodkalium lassen sich auf diese Weise in das Blut überführen.

Über die Molecularwirkung der Flüssigkeiten.

Von Dr. Ernst Mach.

(Vorgelegt in der Sitzung am 16. Mai 1862.)

Vorliegende Note ist als der Anfang einer längeren Reihe von Untersuchungen über die Molecularwirkung der Flüssigkeiten anzusehen, welche Untersuchungen mindestens eben so wichtig sein dürften, als das Studium der Gase und der Krystalle.

Aus den Untersuchungen von Young [1]), Laplace [2]) und Poisson [3]) ergibt sich eine Hauptgleichung, welcher die Oberfläche einer blos von Molecularkräften afficirten Flüssigkeitsmasse genügen muss, wenn dieselbe im Gleichgewicht sein soll. Diese Gleichung ist:

$$\frac{1}{\rho} + \frac{1}{\rho'} = \text{Const.},$$

wobei ρ, ρ' die Krümmungsradien zweier auf einander senkrechter Normalschnitte irgend eines Punktes der Oberfläche bedeuten [4]).

Gauss [5]) und Beer [6]) fanden eine andere Gleichgewichtsbedingung, die übrigens mit der eben angeführten identisch ist. Nach

---

[1]) Young, Philosophical Transactions, 1805, p. 65.

[2]) Laplace, Mecanique celeste, Tom. IV, Theorie de l'action capillaire.

[3]) Poisson, Nouvelle theorie de l'action capillaire.

[4]) Bekanntlich ist dies die partielle Differentialgleichung:

$$\frac{\left[1+\left(\frac{d}{dy}\right)^2\right]\frac{d^2z}{dx^2} - 2\,\frac{dz}{dx}\,\frac{dz}{dy}\,\frac{d^2z}{dxdy} + \left[1+\left(\frac{dz}{dx}\right)^2\right]\frac{d^2z}{dy^2}}{\left[1+\left(\frac{dz}{dx}\right)^2+\left(\frac{dz}{dy}\right)^2\right]^{3/2}} = \text{Const.}$$

wobei x, y, z zusammengehörige Coordinaten irgend eines Punktes der Oberfläche bedeuten.

[5]) Gauss, De figura fluidorum in statu equilibrii.

[6]) Beer, mehrere Abhandlungen in Poggendorff's Annalen.

Gauss und Beer besteht nämlich Gleichgewicht, wenn die Oberfläche der Flüssigkeitsmasse ein Maximum oder Minimum darstellt.

Die obige Gleichgewichtsgleichung wurde von Laplace unter folgenden theils offenbar ausgesprochenen, theils stillschweigend festgehaltenen Voraussetzungen abgeleitet:

1. Die Molecularkräfte wirken nur in unmessbar kleine Entfernungen.

2. Die Dichte der Flüssigkeit ist durchaus constant.

3. Die Masse der Flüssigkeit ist so gross, dass die Tiefe, in normaler Richtung zur Oberfläche gerechnet, durchgängig grösser ist als der sogenannte Radius der Wirkungssphäre.

4. Die Krümmungsradien der Normalschnitte sind sehr gross gegen den genannten Radius.

Poisson nimmt im Widerspruche mit Laplace an, dass die Dichte der Flüssigkeit gegen die Oberfläche hin rasch variire und diese Voraussetzung ist ungleich wahrscheinlicher, da es streng genommen keine Anziehungsfunction geben kann, welche die Dichte unter allen Umständen durchaus constant machen würde. Minding[1]) hat übrigens gezeigt, dass die Einwendungen, welche Poisson sonst gegen Laplace erhebt, durchaus nicht so stichhältig sind, wie sie auf den ersten Blick erscheinen könnten.

Wenn Wertheim[2]) den bisherigen Theorien der Capillarität die Einführung fremdartiger Bedingungen vorwirft, welche nicht aus der Natur der Molecularkräfte folgen, so scheint mir dies nicht so ganz begründet. Legt man z. B. den Moleculen in sehr kleine Entfernungen wirkende Anziehungskräfte bei und führt dann noch die Bedingung der constanten Dichte ein, so ist dies im Grunde blos eine Correction der Voraussetzung über die Anziehungskräfte, welche eigentlich aussagt, dass diese Anziehung bei einer gewissen Entfernung der Molecule = 0 wird und bei weiterer Annäherung sehr rasch in Abstossung übergeht. Zuletzt ist es unwesentlich, ob diese beiden sich ergänzenden Bedingungen zugleich oder nach einander in die Rechnung eingeführt werden. Ästhetischer wäre freilich das erstere.

---

[1]) Minding, Dove's Repertorium der Physik. V, p. 65.

[2]) Wertheim, Sur la capillarité. Ann. d. Chim. et de Phys. 3. série, Tom. LXIII. Octobre 1861.

Die obige Gleichgewichtsgleichung wird im Allgemeinen durch die bisher ausgeführten Experimente und Messungen bestätigt. Ist dies aber der Fall, so kann man aus den vorliegenden Erfahrungen umgekehrt nicht mehr über die Molecularkräfte erfahren, als die allgemeinen unbestimmten Gesetze, die man bei Ableitung der Gleichung zu Grunde gelegt hat. Man findet also, dass die Anziehungskräfte der Flüssigkeiten nur in sehr kleine Entfernungen wirken u. s. w. Es handelt sich demnach beim Studium der Molecularkräfte zunächst darum, die Flüssigkeit in jenen Verhältnissen zu untersuchen, in welchen sie der erwähnten Gleichgewichtsgleichung nicht genügt [1]).

Schon vor einigen Jahren legte ich mir eine mathematische Methode zurecht, um aus genauen Messungen an sehr dünnen, planparallelen Flüssigkeitsplättchen das Gesetz wenigstens näherungsweise zu ermitteln, nach welchem die einzelnen Molecule auf einander wirken. Aus den Verschiebungen, die ein das Plättchen unter verschiedenen Einfallswinkeln durchdringender Lichtstrahl parallel zu sich selbst erleidet, lässt sich das Dichtengesetz in dem Plättchen, und aus diesem die sogenannte Molecularfunction herleiten. Ein vorläufiger Versuch überzeugte mich aber, dass die zu messenden Grössen wenigstens bei den jetzigen Mitteln weit innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegen. Ich musste auf die Ausführung dieser Arbeit verzichten [2]).

---

[1]) Die Abweichungen von der Theorie, welche Wertheim in der citirten Abhandlung durch seine schönen und genauen Messungen nachweist, sind gewiss sehr bemerkenswerth, vielleicht lassen sich aber auf einem anderen Wege grössere Differenzen auffinden.

[2]) Ich ging bei dieser Untersuchung von der Voraussetzung aus, dass die Molecule Kräfte auf einander ausüben, welche irgend welche eben noch zu bestimmende Functionen der Entfernung sind. Von dieser Annahme werde ich auch künftig immer ausgehen. Es scheint mir nämlich, als ob die Ausschliessung der actio in distans blos ein sehr specieller Fall dieser Annahme wäre, der, wenn er wirklich der richtige ist, sich aus der Untersuchung von selbst ergeben muss. In der Annahme der Wirkung bei der blossen Berührung liegt übrigens viel Unbestimmtes. Sie sagt eigentlich nur aus, dass die Molecularkräfte bei gewisser sehr kleiner Entfernung plötzlich sehr gross werden. Noch grössere Schwierigkeiten hat man zu überwinden, wenn man wie Fick, Pogg. Ann. 1855, Jän. die Abstossung durch die blosse Undurchdringlichkeit ersetzen will. Einmal kann hiemit das Gesetz der Erhaltung der Kraft nicht bestehen. Ferner sagt diese Annahme eigentlich nur, dass die Abstossung bei jeder Entfernung = 0, bei der

Einige der von Plateau [1]) dargestellten Gleichgewichtsfiguren schwerloser Flüssigkeiten genügen der Gleichgewichtsgleichung, während andere mit derselben in auffallendem Widerspruche stehen. Diese letzteren dürften nun namentlich zum Studium der Molecularkräfte verwendbar sein. Plateau erhielt nämlich durch Eintauchen eines Drathgerüstes, welches die Kanten eines Polyëders, z. B. eines Tetraëders darstellte, in eine Seifenlösung, eine Gleichgewichtsfigur, welche aus einem Systeme von sehr dünnen planparallelen Flüssigkeitsplättchen besteht, die in hohlen Kanten zusammen stossen. Diese Figur widerspricht augenscheinlich der Gleichgewichtsgleichung. Nach Laplace's Untersuchungen müsste der Zug nach innen an der concaven Stelle der Oberfläche geringer sein als an der planen. Plateau sucht den Widerspruch zu erklären, indem er annimmt, die Dicke der planparallelen Plättchen sei kleiner als der doppelte Radius der Anziehungssphäre. Er schlägt die Messung dieser Dicke vor, um den Radius der Anziehungssphäre zu bestimmen. Meines Wissens ist Plateau bisher nur einmal eine Grenzbestimmung dieses Radius gelungen [2]).

Die Plateau'sche Erklärung des Phänomens setzt offenbar voraus, dass die Theilchen nur einander ziehen und nicht auch drücken, was eben erst zu untersuchen ist. Auch hat der Radius der Wirkungssphäre keinen exacten mathematischen Sinn. So viel ist aber klar, dass, da die Figuren nicht mehr der Gleichgewichtsgleichung genügen, auch für sie die Voraussetzungen nicht mehr gelten können, auf welche sich die Gleichung basirt. Namentlich liegt höchst wahrscheinlich die Dickendimension der Plättchen

---

Berührung plötzlich unendlich wird. Stösst ein Theilchen auf das andere, und sind beide nur undurchdringlich, so müssten sie dennoch in einander eindringen, wenn die Mittheilung der Geschwindigkeit nicht in einer unendlich kleinen Zeit vor sich ginge. Alle diese Annahmen haben in der Physik den Werth, welchen ein Ausdruck von der Form $\frac{0}{0}$ in der Mathematik hat, wenn man nicht weiss, wie er entstanden ist. Bei der Integration einer Gleichung durch Versuche schneidet man sich den Weg zum Ziele von selbst ab, wenn man das Integrale in einer zu speciellen Form voraussetzt, die sich im Verlaufe der Untersuchung nicht weiter modificiren lässt. Ich erinnere an die Methode der Variation der Constanten. Eben so ist es wohl in der Naturforschung.

[1]) Plateau, Sur les liquides sans pesanteur. Bisher sind 5 Reihen in den Memoiren der Akademie zu Brüssel erschienen.

[2]) Plateau, Sur les liquides sans pesanteur, 5. série. Annales de Chim. et de Phys. 1861.

innerhalb jener Grenzen, innerhalb welcher die Molecularattraction mit der Entfernung noch rasch variirt. Da ferner die Dicke bei einer und derselben Flüssigkeit sich als sehr constant erweist, so darf man vielleicht annehmen, dass sie einem Maximum der Stabilität entspricht und dass die Figuren stets diesem Maximum zustreben. Von diesem Standpunkte sind die von Plateau zuerst vorgeschlagenen Dickenmessungen gewiss sehr interessant und dürften, mit anderen Thatsachen zusammengehalten, zu brauchbaren Schlüssen führen.

Diese Messungen sind mit einigen Schwierigkeiten verbunden, wenn man sie an verschiedenen Flüssigkeiten durchführen will, weil die entstehenden Figuren meist nur von kurzer Dauer sind. Am leichtesten könnte man noch, wie Plateau es versucht hat, durch optische Messungen zum Ziele gelangen; doch ist es rathsamer, die Figuren zu wägen, weil sich über den Brechungsexponenten eines sehr dünnen Plättchens nicht viel bestimmtes sagen lässt. Nach einigen fruchtlosen Versuchen kam ich auf den Gedanken, die Figuren aus erstarrenden Flüssigkeiten darzustellen, dieselben von dem Gerüst, an welchem sie sich gebildet hatten, abzulösen, ihr Gewicht zu bestimmen und da die geometrische Gestalt gegeben war, die Dicke der planparallelen Plättchen und das Gewicht, welches auf 1 Quadratcent. entfiel, zu berechnen. Bisher ist es mir gelungen aus Wasserglas und geläutertem geschmolzenen Colophonium solche Figuren darzustellen, doch hoffe ich dieselben in Zukunft noch aus vielen anderen Flüssigkeiten zu erhalten.

1. Aus Wasserglas erhält man durch Eintauchen eines Polyëdergerüstes nur höchst selten eine vollständige Plateau'sche Figur, dagegen sehr leicht einzelne planparallele Plättchen, welche sich zwischen den Kanten bilden und die man durch fortwährendes Drehen bis zum Festwerden erhalten kann.

Es wurden sieben solche gleiche Plättchen aus Wasserglas dargestellt, von dem Gerüst losgetrennt und von den dickeren Rändern sorgfältig befreit. Alle sieben Plättchen hatten dann eine Fläche von 21·5 Quadratcent. Um zugleich die Genauigkeit der Bestimmung zu ermitteln, wurden dieselben in zwei Partien gewogen.

3 Stück zusammen hatten an		Demnach entfielen	
Gewicht:	0·1140 Grm.	auf 1 Plättchen:	0·0360 Grm.
4 „ „	0·1365 „	„ „ „	0·0341 „

Auf 1 Quadratcent. Fläche entfällt also im Mittel an Masse 0·0116 Grm. Das specifische Gewicht des festen Wasserglases war 1·77, demnach die Dicke des Plättchens, wenn die Dichte gleichförmig war (was hier übrigens nicht behauptet wird), 0·066 Millim. Da nun 1·7 Grm. flüssigen Wasserglases 1 Grm. festen gaben und das specifische Gewicht des ersteren 1·33 war, so hatte das Plättchen im flüssigen Zustande auf 1 Quadratcent. 0·0197 Grm. Masse und 0·142 Millim. Dicke [1]).

2. In ganz ähnlicher Weise wie die Wasserglasplättchen, stellte ich zunächst zehn gleiche Colophoniumplättchen dar, die von dem Gerüste losgelöst und von den dickeren Rändern möglichst befreit, zusammen eine Fläche von 15·7 Quadratcent. darboten und ein Gewicht von 0·0665 Grm. zeigten. Es entfiel demnach auf 1 Quadratcent. Fläche eine Masse von 0·0042 Grm. Bei dem specifischen Gewichte 1·14 des Colophoniums ergab sich die Dicke der Plättchen, wenn die Dichte wieder gleichförmig war, 0·0385 Millim. Die Dicke des flüssigen Colophoniumplättchens war nur wenig grösser, weil die Ausdehnung des Colophoniums beim Schmelzen unbedeutend ist. Taucht man das Kantengerüst eines Tetraëders in Colophonium, so erhält man eine Plateau'sche Figur, welche aus sechs congruenten dreieckigen planparallelen Plättchen besteht, die von je einer Tetraëderkante ausgehen und im Schwerpunkte des Tetraëders zusammenstossen. Die Fläche dieser Figur kann leicht berechnet werden, wenn die Tetraëderseite bekannt ist. Ich stellte nun zwei Tetraëderfiguren von 4 Centim. Seitenlänge und eine von 5 Centim. dar, löste die dünnen Plättchen heraus, indem ich sie von den dickeren Kanten, in welchen sie zusammenstossen, trennte. Die berechnete Fläche war 47·070 Quadratcent. und das Gewicht 0·2140 Grm. Es entfällt also auf 1 Quadratcent. Fläche eine Masse von 0·0044 Grm., was mit der früheren Aufgabe so gut stimmt, als es bei den vielen Fehlerquellen nur möglich ist. Die berechnete Dicke war 0·0385 Millim.

Das Lostrennen der Plättchen von ihren Kanten ist sehr misslich und verursacht viele Fehler. Ich war daher bestrebt, eine einfachere und zugleich genauere Methode der Bestimmung anzuwenden. Stellt man dieselbe Figur, z. B. das Tetraëder in drei

[1]) Sämmtliche Wägungen wurden im k. k. physikalischen Institute mit einer Ecklingschen Wage ausgeführt, die mir Herr Dr. Reitlinger gütigst zur Disposition stellte.

verschiedenen Dimensionen dar, nennt man die Seitendimensionen a_1, a_2, a_3 die entsprechenden Gewichte der Figuren p_1, p_2, p_3, ferner das Gewicht der planparallelen Plättchen bei der Seite 1 Centim. x, jenes der Kanten, in welchen sie zusammenstossen, y und der Tropfen, welche an den Vereinigungspunkten der Kanten hängen bleiben z, so findet man durch eine einfache Überlegung:

$$\begin{aligned} p_1 &= a_1^2 x + a_1 y + z \\ p_2 &= a_2^2 x + a_2 y + z \\ p_3 &= a_3^2 x + a_3 y + z \end{aligned}$$

Man hat also drei Gleichungen, aus welchen man x berechnen kann und findet:

$$x = \frac{(a_1 - a_2)(p_1 - p_3) - (a_1 - a_3)(p_1 - p_2)}{(a_1^2 - a_2^2)(a_1 - a_3) - (a_1^2 - a_3^2)(a_1 - a_2)}.$$

Es zeigt sich übrigens durch die Wägungen selbst, was natürlich a priori nicht vorauszusehen war, dass die Gewichte p_1, p_2, p_3 im reinen quadratischen Verhältnisse der Seiten a_1^2, a_2^2, a_3^2 wachsen, dass y und z ganz verschwindend ausfallen und innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegen. In diesem Falle ist auch die obige Gleichung zur Berechnung des x unbrauchbar, weil die Fehler der p_1, p_2, p_3 einen bedeutenden Einfluss auf die Bestimmung des x haben, wie man sich durch Entwickelung der Fehlergleichung überzeugen kann. Man rechnet dann x viel besser aus der Formel:

$$x = \frac{p_1 + p_2 + p_3}{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2}$$

wobei der Fehler viel kleiner ist.

Ich nahm je zwei Tetraëder zu 3, 4, 5 Centim. Seitenlänge zu einer Wägung zusammen und führte zwei parallele Reihen von Wägungen aus. Es ergab sich:

Zahl d. Fig.	Seitendimension	Gew. in Grm.	Differenz	Mittl. Gew. für eine Fig.
2	$a_3 = 3$ Cm.	0·1080	0·0190	0·0587
2	$a_3 = 3$ „	0·1270		
2	$a_2 = 4$ „	0·2265	0·0345	0·1046
2	$a_2 = 4$ „	0·1920		
2	$a_1 = 5$ „	0·3131	0·0279	0·1635
2	$a_1 = 5$ „	0·3410		

Rechnet man nun x aus der Formel:

$$x = \frac{p_1 + p_2}{a_1^2 + a_2^2} \quad \text{oder} \quad x = \frac{p_1 + p_3}{a_1^2 + a_3^2},$$

so erhält man beziehungsweise $x = 0{\cdot}00653$ oder $0{\cdot}00656$ Grm. und die auf 1 Quadratcent. des Plättchens entfallende Masse ist $0{\cdot}00307$ oder $0{\cdot}00308$ Grm., welche beiden Daten sehr gut mit einander stimmen.

Rechnet man letzteren Werth aus allen drei Gewichten p_1, p_2, p_3, so erhält man:

$0{\cdot}00307$ Grm.

Man kann sich nun überzeugen, dass y und z gegen x verschwinden, indem man p nach der Formel $p = a^2x$ berechnet und die berechneten Werthe mit den beobachteten zusammenstellt. Auf diese Weise findet man:

Dimension der Figur	p beobachtet	p berechnet	Differenz
$a_1 = 5$ Cm.	$0{\cdot}1635$	$0{\cdot}1635$	$0{\cdot}0000$
$a_2 = 4$ „	$0{\cdot}1048$	$0{\cdot}1046$	$-0{\cdot}0002$
$a_3 = 3$ „	$0{\cdot}0587$	$0{\cdot}0588$	$+0{\cdot}0001$

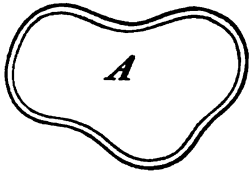
Die Differenzen sind so unbedeutend und unregelmässig, dass sie nicht einer Abweichung vom Gesetze, sondern nur Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden können.

Die Dicke der Plättchen ergibt sich nach der letzten Methode $0{\cdot}027$ Millim. Dass die letztere Methode etwas kleinere Werthe gibt als die erstere, erklärt sich aus der Ungenauigkeit der ersteren, bei welcher es nicht gut zu vermeiden ist, dass grössere am Gerüste haftende Tropfen mitgenommen und mitgewogen werden.

Schon aus diesen beiden Beispielen ist zu ersehen, wie ungleich sich verschiedene Flüssigkeiten in Bezug auf die Dicke der Plättchen verhalten. Die Dicke des Wasserglases ist $0{\cdot}142$ Millim., des Colophoniums $0{\cdot}027$ Millim., erstere also $5{\cdot}2$mal grösser als letztere. Eine Untersuchung einer grösseren Anzahl Flüssigkeiten wird lehren, ob die Dicke mit dem specifischen Gewichte in einem Zusammenhange steht, woraus sich schon ganz interessante Schlüsse ziehen liessen.

Zu bemerken ist, dass die von mir dargestellten Plättchen kein Farbenspiel zeigten. Farbenspielende, also entschieden dünnere Plättchen gelang mir bisher nicht zu fixiren.

Die Dicke der Plättchen dürfte ausser von den Molecularkräften auch noch von der Zähigkeit und inneren Reibung der Flüssigkeiten abhängen, in letzter Instanz also freilich wieder von den Molecularkräften. Hat man eine Flüssigkeitsmasse



A von beliebiger Gestalt, so greift die Schwere an der ganzen Masse an, während die gestaltenden Molecularkräfte an der in der Figur angedeuteten dünnen Schichte wirken. Die Schwere kann durch Eintauchen in eine Flüssigkeit von gleichem specifischen Gewichte beseitigt werden. Die Schwere kann aber auch dadurch in den Hintergrund treten, dass die ganze Masse mit Beibehaltung ihrer Gestalt sich verkleinert. Dann nimmt die Oberfläche, somit auch die Grösse der Schichte und die Wirkung der Molecularkraft langsamer ab, als die Masse und die Wirkung der Schwere, erstere im quadratischen, letztere im kubischen Verhältnisse. Desshalb zeigen sich auch alle Gleichgewichtsfiguren schwerloser Flüssigkeiten an den schweren, sobald die Masse nur hinreichend klein ist. Jedenfalls hängt die Intensität der Molecularkräfte auch von der Masse und Menge der auf einander wirkenden Theilchen ab. Fährt man mit der Verkleinerung der Masse fort, so wird endlich auch die Dicke der oberflächlichen Schichte vermindert und mit dieser die Wirksamkeit der Molecularkräfte. Die Zähigkeit wirkt den gestaltenden Molecularkräften entgegen, sie wird sich demnach am meisten äussern bei kleinen Massen, wo die gestaltenden Kräfte sehr gering sind und nur langsam wirken können [1]).

Bildet sich eine Plateau'sche Figur, so wird bei einer gewissen Verdünnung des Plättchens die Wirkung der Molecularkräfte und mit dieser vielleicht die weitere Verdünnung, der Zähigkeit wegen, immer langsamer und langsamer, so dass der eigentliche Gleichgewichtszustand vielleicht in keiner endlichen Zeit erreicht wird. Die von Quinke [2]) beobachtete Veränderung der

---

[1]) An einer dünnen, eine Platte z. B. überziehenden Flüssigkeitsschichte bemerkt man oft Unebenheiten, die an der freien Oberfläche grösserer Flüssigkeitsmassen nicht vorkommen. Auch an den Plateau'schen Plättchen zeigt sich dieselbe Erscheinung.

[2]) Quinke, Pogg. Ann. 105, pag. 1.

Capillaritätsconstanten, welche man als der elastischen Nachwirkung des festen Körpers analog betrachten kann, scheint in dieselbe Classe der Erscheinungen zu gehören [1]).

Ich nehme mir nun vor, mit Rücksicht auf die Zähigkeit der Flüssigkeiten, die Plateau'schen Figuren unter den verschiedensten Verhältnissen und im Vergleiche mit den sogenannten Cohäsionsfiguren zu studiren.

---

[1]) Eine, der Clausius'schen Gastheorie verwandte Theorie der Flüssigkeiten, die ich später zu veröffentlichen gedenke, erklärt diese Erscheinungen recht gut. Roh angedeutet habe ich dieselbe in meinem Compendium der Physik für Mediciner. S. 94, 114, 175.

Die jedem Fachmanne bekannten, bei der raschen Entwickelung der Wissenschaft von Jahr zu Jahr sich steigernden Unzukömmlichkeiten, welche mit der cumulativen Herausgabe von Abhandlungen verbunden sind, die sich auf sämmtliche naturwissenschaftliche Fächer beziehen, haben die mathematisch-naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften bestimmt, ihre Sitzungsberichte in zwei gesonderten Abtheilungen erscheinen zu lassen.

Die **erste Abtheilung** enthält die Abhandlungen aus der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Anatomie, Geologie und Paläontologie; die **zweite Abtheilung** die aus der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

Von jeder dieser Abtheilungen erscheint jeden Monat mit Ausnahme von August und September ein Heft, welches drei Sitzungen umfasst. Der Jahrgang enthält somit zehn Hefte.

Dem Berichte über jede Sitzung geht eine vollständige Übersicht aller in derselben vorgelegten Abhandlungen voran, selbst wenn diese nicht zur Aufnahme in die Schriften der Akademie bestimmt werden.

Der Preis des Jahrganges beträgt für eine Abtheilung 12 Gulden ö. W.

Von allen grösseren Abhandlungen kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und sind durch die akademische *Buchhandlung* Karl Gerold's Sohn zu beziehen.

Die jedem Fachmanne bekannten, bei der raschen Entwickelung der Wissenschaft von Jahr zu Jahr sich steigernden Unzukömmlichkeiten, welche mit der cumulativen Herausgabe von Abhandlungen verbunden sind, die sich auf sämmtliche naturwissenschaftliche Fächer beziehen, haben die mathematisch-naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften bestimmt, ihre Sitzungsberichte in zwei gesonderten Abtheilungen erscheinen zu lassen.

Die **erste Abtheilung** enthält die Abhandlungen aus der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Anatomie, Geologie und Paläontologie; die **zweite Abtheilung** die aus der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

Von jeder dieser Abtheilungen erscheint jeden Monat mit Ausnahme von August und September ein Heft, welches drei Sitzungen umfasst. Der Jahrgang enthält somit zehn Hefte.

Dem Berichte über jede Sitzung geht eine vollständige Übersicht aller in derselben vorgelegten Abhandlungen voran, selbst wenn diese nicht zur Aufnahme in die Schriften der Akademie bestimmt werden.

Der Preis des Jahrganges beträgt für eine Abtheilung 12 Gulden ö. W.

Von allen grösseren Abhandlungen kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und sind durch die akademische Buchhandlung Karl Gerold's Sohn zu beziehen.

INHALT.

Seite

XIX. Sitzung vom 10. Juli 1862: Übersicht 135

Knochenhauer, Versuche zur Theorie des Condensators . . . 138

Mach, Zur Theorie der Pulswellenzeichner. (Mit 2 Tafeln.) . 157

Wiesner, Untersuchungen über das magnetische Verhalten einiger Cyanverbindungen des Eisens, Nickels und Kobalts 175

Tomsa, Beiträge zur Lymphbildung 185

Ludwig und Tomsa, Die Lymphwege des Hodens und ihr Verhältniss zu den Blut- und Samengefässen. (Mit 2 Tafeln in Farbendruck.) 221

Betz, Über den Blutstrom in der Leber, insbesondere den in der Leberarterie. (Mit 1 Tafel.) 238

XX. Sitzung vom 17. Juli 1862: Übersicht 255

Pfaundler, Beiträge zur Kenntniss einiger Fluorverbindungen . 258

Barth, Über die Einwirkung des Broms auf Glycerin 276

XXI. Sitzung vom 24. Juli 1862: Übersicht 284

Haidinger, Das Meteoreisen von Sarepta. (Mit 2 Tafeln.) . . 286

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLVI. BAND.

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

XIX. SITZUNG VOM 10. JULI 1862.

Das c. M., Herr Hofrath Prof. R. W. Bunsen in Heidelberg, dankt mit Schreiben vom 1. Juli l. J. für seine Wahl zum Ehren-Mitgliede, und Herr Prof. G. Kirchhoff mit Schreiben vom 30. Juni für seine Wahl zum correspondirenden Mitgliede der Akademie.

Die folgenden eingesendeten Abhandlungen wurden vorgelegt:

1. „Lunare Krankheitsursache nebst einigen theoretischen Betrachtungen über den Einfluss der Sonne und des Mondes auf den Erdmagnetismus", von Herrn Dr. Ad. Menner zu Edelény nächst Miskolcz.
2. „Versuche zur Theorie des Condensators", von Herrn Director K. W. Knochenhauer in Meiningen.
3. „Das Wurzelausziehen aus jeder beliebigen Potenz (aus der 19. insbesondere)", von Herrn J. Becher zu Gödöllö bei Pest.

Herr Prof. C. Ludwig übergibt eine Abhandlung: „Beiträge zur Lymphbildung", von Herrn Dr. W. Tomsa, Assistenten der Physiologie an der k. k. medicinisch-chirurgischen Josephs-Akademie.

Herr Prof. C. Langer legt eine Abhandlung „über das Gefässsystem der männlichen Schwellorgane" vor.

Herr Dr. Edm. Reitlinger, Assistent am k. k. physikalischen Institute, überreicht eine von ihm gemeinschaftlich mit Herrn F. Kraus, Eleven an demselben Institute, verfasste Abhandlung „über Brande's elektrochemische Untersuchungen".

Derselbe überreicht ferner eine Abhandlung: „Sulla scarica istantanea della bottiglia di Leyda", von Herrn N. Vlacovich, Prof. der Mathematik und Physik am Ober-Gymnasium zu Capodistria.

Herr Dr. J. Wiesner legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Untersuchungen über das magnetische Verhalten einiger Cyanverbindungen des Eisens, Nickels und Cobalts".

Prof. Schrötter macht eine Mittheilung über das von Crookes in London entdeckte Metall „*Thallium*", so wie über die Auffindung desselben in reichlicher Menge im Schlamme der Bleikammern in der Fabrik des Herrn Kuhlmann in Lille durch Herrn Prof. Lamy.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia Regia disciplinarum Nederlandica, Programma certaminis poëtici ex legato Hoeufftiano propositi A° MDCCCLXII; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin, Monatsbericht, April 1862. Berlin; 8°.

Association Normande, Annuaire des cinq Départements de la Normandie. 28ᵉ Année. Caen & Paris, 1862; 8°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1366—1368. Altona, 1862; 4°.

Austria, XIV. Jahrgang, XXVI. & XXVII. Heft. Wien, 1862; 8°.

Bibliothèque Universelle de Genève, Archives des sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XIIIᵉ, N. 50 & 51; Tome XIVᵉ, No. 53. Genève, 1862; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, Tome LIV. No. 23 & 24. Paris, 1862; 4°.

Cosmos XIᵉ Année, 20ᵉ Volume, 26ᵉ Livraison; 21ᵉ Volume, 1ʳᵉ Livraison. Paris, 1862; 8°.

Gazette médicale d'Orient, VIᵉ Année, No. 2. Constantinople, 1862; 4°.

Gesellschaft, Senckenbergische naturforschende, Abhandlungen. IV. Band, 1. Lieferung. Mit 4 Tafeln, Frankfurt a. M., 1862; 4°.

— Wetterauer, für die gesammte Naturkunde, Jahresbericht. August 1860 bis ebendahin 1861. Hanau, 1862; 8°.

Grunert, Johann August, Archiv der Mathematik und Physik. XXXVIII. Theil, 1. & 2. Heft. Greifswald, 1862; 8°.

Institut des Provinces, Annuaire. 1862, 2ᵈᵉ Série, IVᵉ Vol. (XIVᵉ Vol. de la Collection). Paris & Caen; 8°.

Jahresbericht, Zwölfter, des Doctoren-Collegiums der medicin. Facultät in Wien. 1861—1862. Wien; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XII. Jahrgang, Nr. 19. Wien, 1862; kl. 4°.

Lotos. Zeitschrift für Naturwissenschaften, XII. Jahrgang. April bis Juni 1862. Prag; 8°.

Mittheilungen des k. k. Genie-Comité. Jahrgang 1862, VII. Bd. 2. Heft. Wien; 8°.

Museum Francisco-Carolinum, 3., 12., 13. & 20. Jahresbericht. Linz, 1839, 1852, 1853 & 1860; 4° & 8°.

Protokoll über die Verhandlungen der am 21. Mai 1862 abgehaltenen XXXV. General-Versammlung der Actionäre der ausschl. priv. Kaiser Ferdinands-Nordbahn. Wien, 1862; 4°.

Remy, Karl v., Darstellung der Gestalten des oktaëdrischen Systemes als Drillings-Bildungen des pyramidalen Systemes, mit Berücksichtigung der stereometrischen Verhältnisse. Innsbruck, 1862; 8°.

Scheerer, Th., Die Gneuse des Sächsischen Erzgebirges und verwandte Gesteine nach ihrer chemischen Constitution und geologischen Bedeutung (Separat-Abdruck a. d. Zeitschrift der Deutsch. geolog. Gesellsch. Bd. XIV, S. 23). Berlin, 1862; 8°.

Société Linnéenne de Normandie, Mémoires. Années 1860—1861. XIIe Volume. Paris, Caen & Rouen, 1862; 4°. — Bulletin VIe. Volume. Année 1860—1861. Caen & Paris, 1862; 8°.

— Impériale des sciences naturelles de Cherbourg, Mémoires. Tome VIII. Paris & Cherbourg, 1861; 8°.

— Hollandaise des sciences à Harlem, Extrait du Programme pour l'année 1862; 4°.

Wiener medicinische Wochenschrift, XII. Jahrgang, Nr. 26 u. 27. Wien, 1862; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft, XI. Jahrgang, Nr. 18. Gratz, 1862; 4°.

Versuche zur Theorie des Condensators.

Von K. W. Knochenhauer.

Die Ladung des Condensators wird bekanntlich auf zwei verschiedene Weisen erklärt. Nach der älteren Theorie setzt sich die der einen Platte mitgetheilte Elektricität in's Gleichgewicht, indem sie die Null-Elektricität auf der zweiten abgeleiteten Platte nach dem Coulomb'schen Gesetz durch eine Wirkung in der Ferne zersetzt; nach der anderen von Faraday aufgestellten Theorie geht die Vertheilung von der einen Platte durch den trennenden Isolator auf die andere über, so dass die Stärke der Ladung durch das specifische Vertheilungsvermögen des Isolators wesentlich modificirt wird. Jene Theorie hat den entschiedenen Vortheil, dass sie von einem klar angegebenen Gesetze ausgeht und demnach in streng mathematischer Entwickelung die Anordnung und Dichte der Elektricität auf den Condensatorplatten ableiten kann, wie dies namentlich Clausius gethan hat, allein ihr fehlt bis jetzt die Bestätigung durch Versuche; die Faraday'sche Theorie leidet beim Mangel an einer genügenden Kenntniss von dem Wesen der Elektricität überhaupt an der Unmöglichkeit, schon jetzt den Vorgang bei der Vertheilung bestimmt anzugeben und vermag somit zunächst keine Basis aufzustellen, woran sich eine mathematische Entwickelung anknüpfen liesse, sie hat dagegen den nicht unwichtigen Vorzug, dass sie von Versuchen ausgeht, die mit der älteren Theorie nicht in Einklang zu bringen sind. Diese Versuche würden den Ausschlag geben, wenn nicht die Ladung des Condensators so langsam erfolgte, dass störende Einflüsse durch Leitung sowohl in der Substanz des Isolators als über seine Oberfläche befürchtet werden müssten, um so mehr als durch den Rückstand des Condensators die Existenz solcher Nebeninfluenzen, wie es scheint, belegt wird; man scheut sich demnach, eine mathematisch fest begründete Theorie zu verlassen, um dafür eine andere einzutauschen, die sich nicht einmal genügend erläutern lässt. Da indessen auch die am besten entwickelte Theorie irrig sein kann, sofern sie von falschen Principien ausgeht, so schien es mir

der Mühe werth, die Faraday'schen Versuche noch einmal in einer Weise zu wiederholen, wo die langsame Ladung des Condensators vermieden und demnach der störende Einfluss von fremdartigen Influenzen beseitigt wird. Das Mittel hierzu bietet die Ladung und die ohne Rückstand erfolgende Entladung des Condensators im Nebenbatteriestrome.

Bevor die eigentlichen Versuche unternommen werden konnten, mussten die schon aufgestellten Gesetze über die Länge des Nebendrahts beim Maximum des Stroms noch schärfer untersucht werden. Hierzu wurde zuvörderst die Stärke oder Kraft der Flaschen A_6 und A_1 [1]), welche zusammen das Flaschenpaar A bilden, von B_3 und B_5, welche das Flaschenpaar B ausmachen, und von F_2 und F_3 ermittelt; die vier ersten Flaschen von dickerem Glase haben einzeln eine Belegung von 180, die anderen beiden von 200 Quadratzoll. Diese Bestimmung erfolgt, wie schon früher angegeben ist, entweder dadurch, dass man die Ladung bis zu einer bestimmten Schlagweite nach den Überschlägen der Lane'schen Flasche zählt (wobei diesmal das Residuum in den Flaschen blieb, so dass die Zahl der Lane'schen Schläge L. F. auf je 3 Entladungen zusammengenommen und so je dreimal repetirt wurde), oder dadurch, dass man bei einer constanten Schlagweite die im Luftthermometer entwickelte Wärme Θ beobachtet. Der Schliessungsdrath bestand zuerst aus Therm. V und 8′ K; da aber die Zahlen Θ_1 keine vollständige Übereinstimmung mit L. F. gaben, weil nach den früheren Beobachtungen die Flaschen selbst einen etwas ungleichen Widerstand darbieten, so wurde die Platinspirale B hinzugefügt, und die aus je drei Beobachtungen entnommenen Zahlen Θ_2 zur Berechnung der Flaschenstärke benutzt.

---

[1]) Diese Bezeichnungen stammen noch von früher her, wo ich zuerst die die Flaschenpaare A, B, C bildenden Flaschen einzeln auf ihre Stärke untersucht und deshalb numerirt hatte, um sie darauf zu je zwei von nahe gleicher Kraft zu verbinden.

Fl.	L. F.		Kraft d. Fl.	θ_1		Kraft d. Fl.	θ_2		Kraft d. Fl.	Kr. d. Fl. aus L. F. und θ_2
	S. 32[1])	S. 40		S. 32	S. 40		S. 48	S. 56		
A	46·3	57·3	1·000	19·1	28·0	1 000	13·0	17·3	1·000	1·000
	46·0	57·0		19·1	27·8					
A_6	26·7	33·0	0·580	11·0	16·0	0·579	7·6	10·3	0·588	0·584
	26·8	33·0		11·0	16·2					
A_1	20·1	24·3	0·426	7·3	10·7	0·387	5·3	7·1	0·409	0·418
	19·7	24·0		7·3	10·9					
B	44·7	55·3	0·965	18·8	27·6	0·982	12·6	16·7	0·967	0·966
	44·3	55·0		18·9	27·1					
B_6	26·7	33·3	0·581	11·2	16·2	0·584	7·7	10·1	0·588	0·585
	27·0	33·0		11·1	16·3					
B_5	18·0	22·3	0·388	6·8	10·1	0·360	5·0	6·7	0·386	0·387
	17·7	21·7		6·8	10·1					
F_2	48·7	59·7	1·047	19·4	28·1	1·034	13·7	18·0	1·047	1·047
	48·0	59·7		19·9	28·5					
F_3	38·3	47·3	0·821	15·7	22·4	0·797	10·9	14·2	0·829	0·825
	37·7	46·3		15·4	21·9					

Hierauf wurde von zwei 8′ langen, in 2″ Distanz parallel ausgespannten Kupferdräthen der eine zur Hauptbatterie gezogen und der Hauptdrath (die Metalltheile des Ausladers eingerechnet) auf 25′ K. gebracht, der andere kam zum Nebendrath, dessen constante Länge 16′5 betrug, wobei Th. V = 1·5 gerechnet war. Die Schlagweite der Kugeln am Auslader betrug durchweg 48. Soweit als möglich bildeten zuerst gleiche Flaschen die Haupt- (*HB*) und Nebenbatterie (*NB*); der Nebendrath wurde nach und nach verlängert, um den Ort des Maximums zu bestimmen, und hieraus wurde nach dem Gesetze, dass sich beim Maximum die Schliessungsdräthe umgekehrt wie die Kräfte der Batterien verhalten, die Grösse z abgeleitet, um welche der Hauptdrath wegen der durchbrochenen Luftschicht verlängert werden muss. Die Beobachtungen waren folgender Art: *HB* = *A*, *NB* = *B*.

Nbdr. +	θ	
6	13·1	
8	18·2	
10	21·9	Max. bei + 11·2, also Nbdr. = 27·7.
12	22·5	
14	19·0	
16	14·3	

[1]) Die Schlagweite S. 32 gibt nach den früheren Angaben eine Distanz der Kugeln = 1″45 an, S. 40 = 1·85, S. 48 = 2·25 und S. 56 = 2·65.

In der ersten Columne sind die Fusse K. angegeben, welche in den constanten Nebendrath = 16·5 hinzugefügt wurden. Aus sämmtlichen Beobachtungen ergab sich, dass die vorher normirte Kraft der Flaschen zum Theil ein klein wenig geändert werden müsse, um völlige Übereinstimmung zu erhalten. Legt man daher folgende Werthe zum Grunde:

$$A = 1\cdot000 \quad A_6 = 0\cdot576 \quad A_1 = 0\cdot424 \quad B = 0\cdot966$$
$$B_3 = 0\cdot581 \quad B_5 = 0\cdot385 \quad F_2 = 1\cdot047 \quad F_3 = 0\cdot825$$

so erhält man bei Hptdr. = 25 als Correctionen z die in der nachstehenden Tabelle angegebenen Zahlen. In derselben findet man zugleich die beim Maximum beobachtete Wärme θ, die natürlich etwas variirt, weil der Gang des Thermometers an verschiedenen Tagen wegen ungleichen Luftdrucks und ungleicher Wärme verschieden ist.

$HB=A$	Nbdr. beob.	27·7	27·7	27·7	ber. 27·7;	$z=1\cdot8$.
$NB=B$	θ beob.	22·1	22·5	23·3	Mittel 22·6.	
$HB=B$	Nbdr. beob.	25·9	25·9	25·7	ber. 25·8:	$z=1\cdot8$.
$NB=A$	θ beob.	22·1	23·9	24·3	Mtt. 23·4.	
$HB=A_6$	Nbdr. beob.	26·2	26·7	26·3 26·7	ber. 26·6;	$z=1\cdot8$.
$NB=B_3$	θ beob.	13·0	13·6	13·4 13·7	Mtt. 13·4.	
$HB=B_3$	Nbdr. beob.	27·4	26·7	27·0	ber. 27·0;	$z=1\cdot8$.
$NB=A_6$	θ beob.	12·6	14·0	13·3	Mtt. 13·3,	
$HB=A_1$	Nbdr. beob.	29·9	30·0	30·2 29·7	ber. 30·0;	$z=2\cdot2$.
$NB=B_5$	θ beob.	6·9	7·0	7·5 7·5	Mtt. 7·2.	
$HB=B_5$	Nbdr. beob.	24·7	25·0	24·9 24·8	ber. 24·7;	$z=2\cdot2$.
$NB=A_1$	θ beob.	7·5	7·2	7·9 7·7	Mtt. 7·6.	
$HB=A$	Nbdr. beob.	25·8	ber. 25·8;	$z=1\cdot8$.		
$NB=F_2$	θ beob.	22·0.				
$HB=F_2$	Nbdr. beob.	28·0	ber. 28·0;	$z=1\cdot8$.		
$NB=A$	θ beob.	21·3.				

Die kleinern Flaschen A_1 und B_5 verlangen ein etwas grösseres z, das daher nicht blos von der Luftschicht, sondern auch vom Widerstand der Flaschen abhängen möchte.

Als der Hauptdrath auf 41′ verlängert war, fiel z etwas grösser aus; doch wurden nur wenige Reihen durchgemacht, weil später der Hauptdrath $= 25'$ benutzt werden sollte.

HB	*NB*	Nbdr.	Θ	z
A	B	44·6	15·8	2·1
B	A	42·0	16·5	2·4
A_6	B_3	42·7	10·4	2·1
B_3	A_6	43·5	10·1	2·1
A_1	B_5	48·1	5·1	2·7
B_5	A_1	39·6	5·8	2·6

Als hierauf mit Hauptdrath $= 25$ ungleiche Flaschen die Batterien bildeten, stellte es sich heraus, dass der Nebendrath unter Anwendung der bereits gefundenen Correction z und nach dem oben angeführten Gesetz berechnet, stets von dem beobachteten Werthe in der Weise abweicht, dass die beobachtete Länge etwas der Länge des Hauptdraths zuneigt, also etwas kleiner ist, wenn sie über, und grösser, wenn sie unter 25′ fällt. Mit anderen Worten: die Nebenbatterie ordnet sich etwas der Hauptbatterie unter und strebt darnach, ihr gleich zu sein. Will man also die Kraft des Condensators aus der Länge des Nebendraths beim Maximum berechnen, so wird man am besten die Hauptbatterie dem Condensator gleich machen, um kleine Fehler zu beseitigen. Die Beobachtungen waren folgende:

HB	*NB*	z	Nbdr. beob.	Nbdr. ber.	Θ
F_2	F_3	1·8	33·5	34·0	17·4
F_3	F_2	1·8	21·6	21·1	19·3
A	F_2	1·8	32·1	32·5	20·2
F_3	A	1·8	22·6	22·1	19·7
A_6	A_1	1·8	35·9	36·4	10·3
A_1	A_6	2·2	20·4	20·0	9·6
B_3	B_5	1·8	39·8	40·5	10·3
B_5	B_3	2·2	18·7	18·0	9·8
A	B_3	1·8	44·3	46·1	16·7
B_3 [1])	A	2·1	26·0	25·0	13·5
A	B_5	1·8	67·6	69·6	11·3

[1]) Hptdr. $= 41'$.

Da die Ladung der Nebenbatterie in der Zeit, während welcher sich die Hauptbatterie entladet, also gewissermassen momentan erfolgt, so war noch zu ermitteln, welchen störenden Einfluss man von Nebeninfluenzen zu besorgen hat. Zu diesem Behufe wurde eine gläserne Röhre von 6 Linien Weite unten mit einer Messingplatte geschlossen und eine zweite nach eingegossener Flüssigkeit in Distanzen von 4, 2, 1 und $^1/_2$ Zoll von der untern eingestellt; an beide waren Kupferdräthe K von 2′ Gesämmtlänge gelöthet, von denen der eine mit der äussern Belegung der Nebenbatterie, der andere mit dem von der innern Belegung kommenden Drath da, wo er die Flasche verlässt, verbunden wurde. Als Flüssigkeiten dienten: Destillirtes Wasser, Spiritus, Brunnenwasser, concentrirte Kochsalzlösung und concentrirte Kupfervitriollösung, die nach und nach verdünnt wurden, so dass die Mischungen $^1/_3$, $^1/_9$ u. s. w. concentrirte Lösung und $^2/_3$, $^8/_9$ u. s. w. destillirtes Wasser enthielten. Hierdurch wurden beide Belegungen in eine leitende Verbindung gesetzt, die bei gewöhnlicher Art der Ladung genügt hätte, die ganze Ladung aufzuheben. Bei der Nebenbatterie hatte diese Verbindung auf den Ort des Maximums keinen, wenigstens keinen mit Sicherheit bestimmbaren Einfluss, sie schwächte nur die Wärmeentwickelung ϑ im Thermometer mehr oder weniger, je nachdem die Ableitung besser oder schlechter war. Destillirtes Wasser und Spiritus blieben auch hierauf ganz ohne Wirkung. Bei den folgenden Beobachtungen, wo die Hauptbatterie A und die Nebenbatterie B war, blieb die Länge des Hauptdraths = 25, des Nebendraths = 28·5. Die erste Columne gibt die in der Röhre enthaltene Flüssigkeit an, die zweite mit „frei“ bezeichnete die Erwärmung des Thermometers, wenn die Röhre entfernt war, die dritte, vierte, fünfte und sechste dieselben Erwärmungen, wenn die Länge der Flüssigkeitsschicht 4, 2, 1 und $^1/_2$ Zoll betrug; die letzte endlich gibt die auf die Distanz von 4″ im Mittel berechnete Ableitung an, was später näher erörtert werden soll.

Flüssigkeit	frei	4″	2″	1″	$^1/_2$″	Abl. auf 4″
Destillirtes Wasser	23·9	23·9	24·0	23·9	23·9	—
Spiritus	23·6	23·6	23·6	23·7	23·7	—
Brunnenwasser	23·6	23·1	22·5	21·2	19·4	0·025

Flüssigkeit	frei	4″	2″	1″	½″	Abl. auf 4″
Kochsalzlösung conc. . .	23·9	0·75[1])	—	—	—	30·6
„ ⅓	23·4	1·7	—	—	—	12·8
„ 1/9	23·7	4·65	2·27	—	—	4·40
„ 1/27	23·7	10·3	6·0	3·0	—	1·50
„ 1/81	23·9	15·9	11·6	7·1	—	0·53
Kupfervitriol conc. . . .	23·6	3·0	1·5	—	—	7·12
„ ⅓	23·6	6·5	3·2	—	—	2·91
„ 1/9	23·6	12·2	7·7	4·0	—	1·06
„ 1/27	23·6	17·2	13·6	8·7	—	0·39
„ 1/81	23·4	20·4	17·6	14·3	10·0	0·16

Da bei diesen Beobachtungen der Ort des Maximums nicht verändert wird, so lässt sich die Kraft eines Condensators bestimmen, selbst wenn Ableitungen von einer Seite zur andern stattfinden. Bringt man übrigens derartige Ableitungen nicht absichtlich an, so hat man sicher niemals zu besorgen, dass sie durch etwas Feuchtigkeit hergestellt werden, da destillirtes Wasser in einer kurzen Schicht von nicht unbedeutendem Querschnitt hier ganz wirkungslos bleibt. Ebensowenig hat man zu besorgen, dass im Isolator Elektricität geleitet werde, denn das Leitungsvermögen der sogenannten Isolatoren, wenn es angenommen wird, ist sicher gegen das des destillirten Wassers verschwindend klein.

Ein Anderes ist es, wie man die Schwächung des Stromes anzusehen hat. Betrachtet man die Leitung durch die Flüssigkeit wie einen zweiten Zweig, wenn auch von grosser Länge und starkem Widerstande, so würde der Ort des Maximums wenigstens etwas geändert werden; allein um Näheres darüber anzugeben, hätte die äquivalente Länge der Flüssigkeitsschicht bestimmt werden müssen, welche Untersuchung ich mir vorbehalte, da sie mich hier zu weit von der nächsten Aufgabe entfernt hätte. Mir scheint es, dass die Flüssigkeit in die auf dem Nebendrath stattfindende Schwingungsweise der Elektricität nicht eingeht und demnach den Strom allein durch Vereinigung der ungleichen Elektricitäten oder durch Ausgleichung der thätigen Kräfte vermindert; nur eine concentrirte oder besser leitende Flüssigkeit dürfte nach einigen Beobachtungen, die ich hier übergehe, von denen aber andere später folgen werden,

[1]) Bei ausgelöster Nebenbatterie Nebenstrom = 0·4.

auch an den eigentlichen Bewegungen mehr oder weniger Theil nehmen. Geht man von dem Satze aus, dass sich die Kraft der Batterie in der frei werdenden Wärme darlegt, dass also bei unveränderter Ladung dieselbe Hauptbatterie dieselbe Wärmemenge erzeugt, so lässt sich durch Beobachtungen im Haupt- und im Nebendrath der Wärme- und damit der Kraftverlust bestimmen, welchen der Nebendrath erleidet, also wieviel von der vorhandenen Kraft die Flüssigkeit auf sich ableitet; denn der Wärmeverlust ist natürlich nur scheinbar, und wird durch die in der Flüssigkeit erzeugte Wärme ersetzt. Zu diesem Behufe wurde Therm. II statt 2′ *K* in den Hauptdrath von 25′ eingeschaltet, und beide Batterien verstärkt. Die Ladung blieb = 48.

Reihe 1. $HB = A + B$, $NB = F_2 + F_3$; Nbdr. = 28·5.

Verb.	Th. II	Th. V	Verlust	Abl.	Abl. auf 4″	
frei	32·4	offen				
″	25·0	21·1	Verh. 2·9			
1″	26·5	5·9	10·9	1·85	0·46	0·46
2″	25·8	9·7	9·1	0·94	0·47	
4″	25·4	13·8	6·2	0·45	0·45	

Reihe 2. $HB = A + B$, $NB = F_2 + F_3$; Nbdr. = 20·5.

Verb.	Th. II	Th. V	Verlust	Abl.	Abl. auf 4″	
frei	32·4	offen				
″	28·5	11·6	Verh. 3·0			
1″	27·5	5·3	9·3	1·75	0·44	0·43
2″	27·7	7·4	6·6	0·89	0·45	
4″	28·0	9·2	3·9	0·42	0·42	

Reihe 3. $HB = F_2 + F_3$, $NB = A + B$; Nbdr. = 28·5.

Verb.	Th. II	Th. V	Verlust	Abl.	Abl. auf 4″	
frei	28·9	offen				
″	24·0	16·6	Verh. 3·4			
1″	24·3	5·6	10·0	1·78	0·45	0·46
2″	24·1	8·6	7·7	0·89	0·45	
4″	24·0	11·2	5·4	0·48	0·48	

In Reihe 1. gab Th. II, als die Nebenbatterie ausgelöst war, 32·4, dagegen nur 25·1 als Th. V bei geschlossener Nebenbatterie 21·1 lieferte; ein Verlust von 7·3 in Th. II wird also durch eine Wärme von 21·1 in Th. V ersetzt, welches Verhältniss wie 1 : 2·9 ist. Als hierauf 1″ Flüssigkeit (1/9 conc. Kupferv. auf 8/9 dest. Wasser) die Belegungen der Nebenbatterie verband, ging Th. II auf 26·5 und hatte 1·5 oder nach der Angabe in Th. V $1{\cdot}5 \times 2{\cdot}9 = 4{\cdot}3$ gewonnen, dagegen zeigte Th. V nur 5·9 und hatte 15·2 verloren; der Verlust an gesammter Wärme beträgt somit 10·9, welcher auf die Flüssigkeit kommt. Ebenso berechnet ist der Verlust bei 2″ = 9·1 bei 4″ = 6·2. Vergleicht man diesen Verlust mit der in dem Nebendrath noch vorhandenen Kraft als Einheit, so ist die Ableitung bei 1″ 2″ 4″ = 1·85 = 0·94 = 0·45, also umgekehrt proportional zur Länge der Flüssigkeitsschicht, wonach die Ableitung auf 4″ reducirt werden kann. In den beiden andern Reihen ist die Berechnung auf gleiche Weise angestellt worden. Da nun die ganze entwickelte Wärme ein Product aus dem Quadrat der Stromstärke und dem Widerstand der Leitung ist, überdies die Wärmeentwicklung im Hauptstrom wenig schwankt, so kann man, wenn der Hauptdrath nur aus Kupferdrath gebildet ist, die Wärme in ihm annähernd constant annehmen, und die Ableitung aus den Beobachtungen an Th. V allein berechnen, wie dies in der früheren Tabelle geschehen ist. Dass aber dadurch nicht ebenso genaue Werthe erlangt werden wie bei gleichzeitigen Beobachtungen im Hauptdrath, das zeigt schon die etwas geringere Übereinstimmung der Werthe bei 1″ 2″ und 4″ Flüssigkeit. — Bemerkenswerth ist noch, dass die doppelte Zahl Flaschen in beiden Batterien die Ableitung auf die Hälfte von der bei einfacher Zahl heruntersetzt. Ebenso nimmt die Ableitung mit verlängertem Hauptdrath zu.

$$HB = F_2 + F_3,\ NB = A + B.$$

Hptdr.	Nbdr.	Lad.	frei	4″	2″	1″	Abl. auf 4″
25	28·5	48	35·5	25·6	19·7	12·2	0·42
25	28·5	40	26·2	18·5	14·2	9·1	0·43
41	44·5	48	23·5	13·0	8·5	4·5	0·91
41	44·5	40	17·7	9·8	6·4	3·3	0·93

Ob sie sich mit der Distanz der gespannten Dräthe ebenfalls ändert, dann mit Verlängerung oder Verkürzung des Nebendraths von der Länge beim Maximum ab, liess sich aus Beobachtungen an Th. V nicht mit Sicherheit ableiten; die Anwendung von Th. II war hier, wo die Zahlen in Th. V klein werden, zu misslich, als dass ich die Sache, die zunächst von keinem Belange ist, weiter hätte verfolgen sollen.

Nach diesen Vorbereitungen wurde zum Condensator eine starke, ebene quadratische Zinntafel von 220 □ Zoll genommen, in deren Mitte nach unten ein Messingstab mit einer zur Befestigung des Nebendraths dienenden Klemmschraube angelöthet war. Eine in der Dicke nicht ganz gleiche, $^4/_5$ — 1 Linie starke, ebenfalls quadratische Glastafel wurde auf der einen Seite in der Grösse der Zinnplatte mit Stanniol beklebt, und der noch freie 1 Zoll breite Rand mit Schellack überzogen. Andere Glastafeln derselben Sorte waren nur wenig grösser als die Zinntafel und konnten zwischen diese und die belegte Tafel eingeschaltet werden. Lag die letztere entweder allein oder mit Zwischentafeln auf der isolirten horizontalen Zinnplatte, so wurde ein ziemlich schweres Hufeisen darauf gelegt, woran das andere Ende des Nebendraths geschraubt war. Nach einigem Probiren fand sich bald, welche Hauptbatterie gewählt werden musste, um das Maximum des Stroms bei einer dem Hauptdrath = 25 ziemlich gleichen Länge des Nebendraths zu erhalten; dann wurde die Reihe durchgeführt und der Ort des Maximums festgestellt. Aus dieser Länge verglichen mit der um z corrigirten Länge des Hauptdraths liess sich nun, da die Kraft der Hauptbatterie bekannt war, die Kraft der Nebenbatterie berechnen. Die folgende Tabelle enthält diese Versuche; die zweite Columne gibt die durchgängig auf eine Schlagweite = 48 geladene Hauptbatterie an, die dritte enthält unter NB den Condensator, die vierte die beobachtete Länge des Nebendraths im Maximum des Stroms, die fünfte die an dieser Stelle in Th. V beobachtete Wärme Θ und die letzte endlich die aus diesen Daten berechnete Kraft des Condensators.

Nr.	*HB*	*NB*	Nbdr.	Θ	Kraft der C.
1	A	1 trockene Tafel	27·5	6·8	0·975*
	A	1 „ „	27·5	6·7	0·975*
2	A_1	2 „ Tafeln	27·1	3·8	0·425
3	A	1 T. und Luftschicht	—	—	—
4	A	1 feuchte Tafel	23·2	9·2	1·119*
5	A_6	2 „ Tafeln	34·0	4·6	0·454*
	A_1	2 „ „	26·1	3·8	0·442*
6	$A+B_5$	1 T. m. destill. Wasser	22·1	30·6	1·680
	$A+B_3$	1 „ „ „ „	25·3	30·8	1·675
7	A	2 „ „ „ „	31·5	17·9	0·850
	A	2 „ „ „ „	31·1	18·0	0·862
8	A_6	3 „ „ „ „	28·1	11·4	0·549
9	A_1	4 „ „ „ „	27·4	7·2	0·421
10	$A+B_2$	1 T. mit Salzwasser	24·9	34·8	1·701
	$A+B_3$	1 „ „ „	24·7	35·7	1·711
11	A	2 „ „ „	29·3	6·1	0·914
12	$A+B_2$	1 T. mit Spiritus	25·0	32·8	1·697

Unter Nr. 1 lag nur die beklebte trockene Glastafel auf der Zinnplatte, in Nr. 2 war eine zweite ebenfalls trockene dazwischen gelegt. In Nr. 3 trennte eine Luftschicht von der Dicke der Glastafeln die beklebte Tafel von der Zinnplatte; es lagen zwischen beiden einige Stücke Glasstreifen von demselben Glase. In Nr. 4 und 5 waren die Glastafeln mit destillirtem Wasser stark befeuchtet, namentlich zeigte die beklebte Tafel anfänglich viele kleine Tröpfchen. In Nr. 6 — 9 ward auf die Zinnplatte und eben so auf die zwischengelegten Glastafeln so viel destillirtes Wasser gegossen, dass sich die folgende Tafel ohne Blasen (einige kleinere blieben freilich bisweilen) darauf legen liess; das Wasser floss in reichlicher Menge über den Rand ab, der benetzt blieb, wie er war. In Nr. 10 und 11 wurde concentrirte Kochsalzlösung halb verdünnt, in Nr. 12 Spiritus statt des destillirten Wassers angewandt.

Füllte destillirtes Wasser, Salzwasser oder Spiritus den freien Raum zwischen den Tafeln aus, so bildeten sie eine in diesem Querschnitt leitende Schicht, und es entstand je nach der Anzahl der Tafeln gewissermassen eine ein- oder mehrgliedrige Flaschensäule, deren Glieder von nahe gleicher Kraft waren. Nach dem, was ich über die Flaschensäulen schon früher angegeben habe, ist in diesem Falle die Kraft umgekehrt proportional zur Anzahl der Glieder. Aus Nr. 6 — 9 erhält man:

$$1\cdot678\times1=1\cdot678$$
$$0\cdot856\times2=1\cdot712$$
$$0\cdot549\times3=1\cdot647$$
$$0\cdot421\times4=1\cdot684$$

also die mittlere Kraft eines Gliedes = 1·680.

Das Wasser, welches den Rand bedeckte, bot nach dem Frühern zu einer Ableitung keinen hinreichend weiten Querschnitt dar. Salzwasser gibt bei einer Tafel dasselbe Resultat; dass es besser leitet, zeigt der grössere Werth von θ; wenn aber die Kraft des Condensators etwas grösser ausfällt, so dürfte dies seinen Grund nicht in der besseren Leitungsfähigkeit haben, sondern vielmehr darin, dass Salzwasser die Tafeln leichter und besser benetzt als destillirtes Wasser, wie sich dies beim Aufgiessen zeigte. Auch Spiritus gibt aus demselben Grunde eine etwas grössere Kraft. Als in Nr. 11 beim Salzwasser noch eine Zwischentafel eingesetzt war, sank θ auf 6·1 statt 18·0 in Nr. 7. Das den Rand bedeckende Salzwasser leitete zum Theil die Kraft des untern Condensatorgliedes auf sich ab, doch gab es nur zu einer geringen Verschiebung der Elektricität Veranlassung, indem sich die Kraft des Condensators nur um etwas erhöhte. Den vollständigen Gegensatz zu diesen Beobachtungen bildet Nr. 3, wo die beklebte Glastafel durch eine Luftschicht von der Zinnplatte getrennt war; das Thermometer gab $\theta = 0{\cdot}1$ bei Nbdr. = 20·5, $\theta = 0{\cdot}2$ bei Nbdr. = 30·5, $\theta = 0{\cdot}2$ bei Nbdr. = 46·5, also so wenig, dass von Feststellung des Maximums und von einer Berechnung der Kraft keine Rede sein konnte. Um dem Einwand zu begegnen, als ginge Elektricität durch die Luftschicht und absorbirte durch den Widerstand die Kraft, so wurde Th. II in den Hauptdrath eingeschaltet. Mochte der Nebendrath ausgelöst oder in beliebiger Länge geschlossen sein, die Wärme θ in Th. II blieb unverändert und zeigte keinen Wärmeverlust an. Diese Beobachtung stimmt ganz mit der, welche ich schon früher publicirt habe, überein, wonach eine Flasche, deren Isolator aus einer Luftschicht besteht, nur eine sehr schwache Ladung annimmt. Waren die Glastafeln trocken oder mit destillirtem Wasser benetzt, so dass Luft den engen Zwischenraum ausfüllte, so sank die Kraft des Condensators bedeutend herunter und erreichte bei zwei Tafeln nicht die Hälfte von der bei einer. In diesen Fällen tönte der Condensator, indem Funken zwischen den Tafeln sich zeigten; dies bezeichnet * in der Tabelle. Dass θ so

bedeutend sinkt, könnte in dem Wärmeverlust durch den Funken liegen; doch spricht dagegen Nr. 2, wo die Funken fehlen. Ob die nach der Faraday'schen Ansicht durch die dünne Luftschicht sich fortsetzende Vertheilung nicht vielleicht so beweglicher Natur ist, dass dadurch viele Wärme entsteht [1]), und ob nicht gerade diese Beweglichkeit erst Veranlassung zu den ausbrechenden Funken darbietet, mag dahin gestellt bleiben; so viel ist sicher, dass in einem spätern Fall der Condensator stark tönte, d. h. dass starke Funken ausbrachen, ohne dass Θ wesentlich herabgedrückt wurde. — Wenn übrigens bei den benetzten Tafeln die Kraft des Condensators etwas steigt, so liegt dies sicher nicht in einer Leitung längs der Oberfläche, sondern darin, dass das reichlich aufgetragene Wasser einen Theil des Zwischenraums ausfüllte. Schon die Werthe von Θ verlangen dies.

Um die Versuche auch auf andere Flüssigkeiten auszudehnen, ward die Zinnplatte auf eine starke Glastafel gelegt, die durch ein Loch in der Mitte den Messingstab durchliess, und wo das Loch durch eine darüber geschraubte Filzscheibe wieder geschlossen wurde. Die Glastafel überragte etwa um 2 Zoll Breite die Zinnplatte und war mit einem $^1/_8$ Zoll hohen Rand versehen. Auf den Rand der beklebten Glastafel wurden ebenfalls noch 2 schmale Glasstreifen über einander gekittet, damit keine Flüssigkeit zum Stanniol gelangte und den gefirnissten Rand benetzte. Die Versuche waren folgende:

Nr.	*HB*	*NB*	Nbds.	Θ	Kraft d. C.
1	$A+B_8$	1 T. m. destill. Wasser	24·7	34·2	1·715
2	A	2 „ „ „ „	30·3	14·6	0·884
3	$A+B_8$	1 T. u. Sch. dest. Wass.	25·4	25·4	1·668
4	„	1 „ „ „ Salzw. $(\frac{1}{10})$	24·5	36·9	1·729
5	„	1 „ „ „ „ $(\frac{1}{15})$	24·5	35·6	1·729
6	„	2 T. mit Salzw. $(\frac{1}{15})$	31·9	8·0	1·330
	A	2 „ „ „ „	21·1	6·9	1·270
7	$A+B_8$	1 T. mit Steinöl	32·0	32·5	1·324*
8	„	1 „ „ Mohnöl	31·8	33·3	1·336
9	A	2 „ „ „	*42·7	16·8	0·628
	A_6	2 „ „ „	25·0	13·2	0·617
10	A_6	1 T. u. Sch. Mohnöl	32·0	12·1	0·482
	A_6	1 „ „ „ „	32·4	12·0	0·477
	A_1	1 „ „ „ „	23·9	8·2	0·483
11	A	1 T. ölig	28·7	6·0	0·934*

[1]) Die Beobachtungen an Th. II im Hauptdrath gaben einen bedeutenden Wärmeverlust an.

Nr. 1 und 2 stimmen mit 6 und 7 in der vorigen Tabelle, und Nr. 6 mit 11 überein, nur dass hier zur Seite der Tafeln die 2 Zoll breite Schicht Flüssigkeit stand. In Nr. 3 trennte eine Schicht destillirten Wassers von der Dicke der Glastafeln, in Nr. 4 und 5 eine eben solche Schicht Salzwasser die beklebte Tafel von der Zinnplatte. In Nr. 7 füllte Steinöl, in 8 und 9 Mohnöl den kleinen Zwischenraum zwischen den Tafeln aus, in Nr. 10 war zwischen dem belegten Glase und der Zinnplatte eine Schicht Mohnöl von der gewöhnlichen Stärke; in Nr. 11 war die Glastafel abgewischt, aber noch ölig. Steinöl in Nr. 7 liess in dem Zwischenraume grosse Luftblasen, die nicht entfernt werden konnten; der Condensator gab daher einen starken dumpfen Ton; ebenso zeigten sich Funken bei Nr. 11.

Wenn in Nr. 1 die Kraft des Condensators etwas stärker als früher war, so mochte durch die reichlicher aufgegossene Wassermenge ein überall engerer Anschluss erreicht sein; in Nr. 2 fand wohl eine kleine Verschiebung der Elektricität Statt; ganz deutlich ist sie in Nr. 6 beim Salzwasser; hier dürfte man sie nach den gewöhnlichen Ansichten eher grösser erwarten, da die Randschicht breit ist[1]); allein die dünne Schicht zwischen den Tafeln selbst erschwert die Fortleitung oder Verschiebung der Elektricität, die, wie ich überzeugt bin, nur eintritt, wenn die eigenthümliche Bewegungsweise der Elektricität im Nebèndrath mehr oder weniger auch auf die Flüssigkeit übergeht, wogegen die in Θ angezeigte Ableitung ohne dies Eingehen in die Schwingungen stattfindet. Die Schichten von destillirtem Wasser und Salzwasser in Nr. 3, 4, 5 sind Leiter; der Condensator ist hier wie nur mit einer Tafel unmittelbar auf der Zinnplatte gebildet. Füllt man mit Stein- oder Mohnöl den Zwischenraum zwischen Glas- und Zinntafel aus, so sinkt die Kraft des Condensators, doch bleibt es unentschieden, ob der vergrösserte Abstand zwischen den beiden Belegungen dies bewirkt, oder das geringere specifische Vertheilungsvermögen des Öls. Dass es hauptsächlich das Letztere ist, tritt bei 2 Tafeln schon deutlich hervor, noch deutlicher in Nr. 10, wo eine Schicht Mohnöl dazwischen ist. Bei den beiden letzten Reihen unter 10 war so reichlich Öl auf-

[1]) Nach den späteren Beobachtungen, S. 154, scheint die Berechnung der Kraft hier nicht zulässig und das Resultat viel zu gross zu sein.

gegossen, dass alle Luftblasen sicher entfernt waren; dies war um so leichter zu erreichen, als das Öl fest am Glase und am Zinn klebt; Steinöl Nr. 7 that dies nicht und liess grosse Blasen zurück; allein die starken Funken verminderten die Kraft des Condensators nicht, auch verringerten sie θ nur unmerklich, was zur Beurtheilung der übrigen Fälle, wo Funken erscheinen, sicher von der grössten Bedeutung ist. Wenn in Nr. 11 die Kraft des Condensators geringer als in Nr. 1 der vorigen Tabelle ausfiel, so bewirkte dies wohl das anklebende Öl, welches den Zwischenraum vergrösserte.

Da mir das Verhältniss in Nr. 6 nicht sogleich ganz klar war, wie durch die weite leitende Verbindung zwischen den beiden Salzwasserschichten, die wenig Widerstand leisten kann, θ erniedrigt und zugleich die Kraft des Condensators erhöht wird, so wurden die beiden Schichten getrennt und die Verbindung zwischen ihnen nach Belieben angebracht. Hierzu wurde auf die mit concentrirter Salzlösung begossene Zinnplatte erst eine grosse, überall um 2 Zoll vorstehende Glastafel gelegt, darauf wieder Salzwasser gegossen und die beklebte Glastafel aufgelegt; dann wurde der untere Rand der grossen Tafel sorgfältig getrocknet.

Nr.	*HB*	*NB*	Nbdr.	θ	Kraft d. C.
1	*A*	2 T. mit conc. Salzw.	31·8	16·2	0·843(*)
2	„	2 T. verb. d. 1 Str. St.	31·6	11·7	0·848(*)
3	„	2 „ „ „ 2 „ „	29·5	7·7	0·908
4	„	2 „ „ d. 2″ c. Kupferv.	31·1	10·5	0·862

In Nr. 1 gaben 2 Tafeln $\theta = 16{\cdot}2$ und die Kraft des Condensators $= 0{\cdot}843$, nahe übereinstimmend mit destillirtem Wasser. Ob der Condensator etwas tönte, liess sich nicht ganz sicher entscheiden. Als in Nr. 2 die beiden Salzwasserschichten durch einen 1 1/8 Zoll breiten, in die Zwischenräume geschobenen Stanniolstreifen verbunden waren, sank nur θ; als die Verbindung in Nr. 3 an zwei Stellen stattfand, sank θ noch mehr, aber die Kraft des Condensators stieg etwas; die Verbindung mit 2″ concentrirtem Kupfervitriol in Nr. 4, wo der obere Drath an zwei Stellen mittelst Stanniol in die Flüssigkeitsschicht einging, drückte wieder nur θ herab, ohne die Kraft wesentlich zu erhöhen.

Da die Salzwasserschicht zwischen den Glastafeln nach den vorigen Versuchen ein Leiter ist, so wäre der Condensator in seiner jetzigen Zusammenstellung eigentlich eine zweigliedrige Säule. Ist in derselben die Kraft des oberen Gliedes $= k'$, des unteren $= k''$, so ist die Gesammtkraft $= k = \frac{1}{\frac{1}{k'}+\frac{1}{k''}} = \frac{k'\ k''}{k'+k''}$, also hier, wo k' nahe $= k''$ ist, $k = \frac{k'}{2}$, womit Nr. 1 übereinstimmt. Verbindet man nun die Belegungen des einen Gliedes durch eine nur nicht zu gut leitende Flüssigkeit, so behält dasselbe nach den im Anfange mitgetheilten Beobachtungen seine Kraft, aber Θ wird kleiner. Demzufolge muss ebenfalls die Säule oder der ganze Condensator unter Erniedrigung von Θ seine Kraft behalten. Um dies zu zeigen, wurde zwischen die beiden Glastafeln ein Stanniolblatt von der Grösse der Zinnplatte gelegt und ein Streifen zur Verbindung herausgeleitet, im Übrigen wurde concentrirte Salzlösung aufgegossen und die obere Tafel durch ein Gewicht noch mehr beschwert.

Nr.	*HB*	*NB*	Nbdr.	Θ	Kraft d. C.	Abl.
1	*A*	2 T.; frei	31·8	17·5	0·843	
2	„	2 „ verb.d.4″c.Kpfrv.	31·3	9·7	0·856	0·81
3	„	2 „ „ 2″ „	30·9	6·6	0·867	1·70
4	„	2 „ „ 1″ „	28·5	3·7	0·940	3·73

Nr. 1 stimmt mit 1 in der vorigen Tabelle und in Nr. 2, 3, 4, wo das Stanniolblatt mit der Zinnplatte durch concentrirte Kupfervitriollösung verbunden war, ändert sich Θ in derselben Weise wie früher bei einer Flasche, denn die Ableitungen berechnen sich ebenso; erst bei 1″ concentrirtem Kupfervitriol wird die Kraft merklich geändert, indem diese kurze Schicht durch theilweises Eingehen in die Schwingungen eine Verschiebung der Elektricität gestattet. — Wie man sogleich sieht, müssen Nr. 2, 3 und 4 aus der vorletzten Tabelle, wo Stanniolstreifen die Salzwasserschicht mit der Zinnplatte verbanden, hieher gezogen werden, da diese Schicht durch den engen Querschnitt hindurch leiten soll; nach dieser Richtung hin verliert sie den Charakter eines vollkommenen Leiters, den sie in der zur breiten Fläche senkrechten Richtung besitzt; sie gestattet daher gar nicht oder nur wenig die Schwingungen und lässt nur die Ableitung zu, welche Θ erniedrigt.

Ein Anderes ist es, wenn man bei der letzten Zusammenstellung des Condensators, die erst eine vollständige zweigliedrige Säule nach allen Richtungen hin bildet, die Belegungen eines Gliedes auf dem kürzesten Wege metallisch verbindet; dann wird dieses Glied gewissermassen eliminirt und der Condensator erhält die ganze Kraft des freien Gliedes. Wird dagegen die Verbindung der Belegungen durch einen längeren Drath bewirkt, so erhält man 2 Maxima der Stromstärke. Als z. B. das zwischen den Glastafeln liegende Stanniolblatt durch 14'5 K. mit der Zinntafel verbunden war, so fand sich, wenn man die Länge des Nebendraths wie bisher rechnet, d. h. von dem Hufeisen bis zur Zinnplatte unter Ausschluss der verbindenden 14'5.

HB	Nbdr.	Θ	ber. Kraft
A+B	21·3	28·5	2·464
A	20·5	6·5	0·562

War der verbindende Drath kürzer, so liess sich nur das erste, war er länger, nur das zweite Maximum mit Leichtigkeit nachweisen.

Hier sieht es fast aus, als hätte der ganze Condensator eine verschiedene Kraft, je nachdem ihn die eine oder die andere Hauptbatterie ladet. Allein der verbindende Kupferdrath, der alle Schwingungen vollkommen gestattet, nimmt zu den beiden Gliedern der Säule eine verschiedene Stellung ein; zu dem ersten unverbundenen Gliede ist er eine Fortsetzung des Nebendraths, und die Kraft desselben muss demnach so berechnet werden, dass man zu dem bisherigen Nebendrath noch den verbindenden Drath hinzuzählt, wobei freilich die in Betracht kommende äquivalente Länge des letzteren wegen Störung durch das zweite Glied von der natürlichen Länge abweichen könnte; für dieses zweite Glied ist der verbindende Drath der eine Zweig, der andere ist der gewöhnliche Nebendrath, der sich durch das erste Glied und durch den gespannten Drath fortsetzt, doch könnte die äquivalente Länge des letzteren wieder wegen Störung durch das erste Glied von der natürlichen Länge abweichen. Auf diese Weise treten die beiden Glieder der Säule aus einander und es bilden sich zwei Maxima der Stromstärke aus, nämlich für jedes Glied ein besonderes, von denen bei zu kurzer Ver-

bindung der Belegungen das eine als zu klein sich den Beobachtungen entziehen kann.

Um zu sehen, ob die angedeuteten Störungen von Belang sind, wurde die Säule aus den bekannten Flaschen F_3 und F_2 zusammengesetzt, die durch 2'K. verbunden waren. Mit $HB=A_6$ fiel das Maximum mit Einschluss dieser 2' auf Nbdr.$=34\cdot3$ ($\Theta=11\cdot1$), woraus $k=0\cdot450$ folgt. Nach der Formel $k=\frac{k'\,k''}{k'+k''}$ muss $k=0\cdot461$ sein; dies erlangt man, wenn man $0\cdot8$ vom Nebendrath abzieht, welche der Verbindungsdrath einbüsst. War hierauf F_2 von innen nach aussen durch 10' K. geschlosssen, so lag das Maximum des Stroms von F_3 mit $HB=A$ bei Nbdr.$=29\cdot3$ [1]) ($\Theta=16\cdot1$), woraus $k'=0\cdot914$ und mit $HB=A+B_3$ bei Nbdr.$=42\cdot6$ ($\Theta=19\cdot3$), woraus $k'=0\cdot871$ folgt. Da diese Werthe von $F_3=0\cdot825$ abweichen und ausserdem mit den zwei verschiedenen Hauptbatterien, noch unter einander abweichende Resultate entstehen, idem das zweite Glied F_2 nach der Länge seiner Zweige eine verschiedene Stellung einnimmt, also, wenn es überhaupt die verbindenden 10' modificirt, sicher verschieden modificirt, so ist die Störung erwiesen und zugleich als eine solche, die schwierig zu ermitteln sein wird.

Es lag kein Grund vor, diese Verhältnisse hier schärfer festzustellen, daher mochte ich nur noch die Wirkung der Säule erproben, wenn eine Luftschicht in dem einen Gliede der Isolator ist, da, wenn dieses Glied etwa wegen Leitung durch die Luft sich nicht laden könnte, das zweite in seiner ganzen Kraft auftreten müsste. Es sei der bisherige Condensator das erste Glied und seine Kraft$=k'$, F_2 das zweite Glied mit der Kraft$=k''$ und die Kraft der ganzen Säule$=k$, so folgt $k'=\frac{k''\,k}{k''-k}$ aus der Gleichung $k=\frac{k'\,k''}{k'+k''}$. Der Condensator war mit F_2 durch $2^1/_2$' Kupferdrath verbunden, wofür zum Nebendrath nach dem Vorigen nur $2\cdot5-0\cdot8=1\cdot7$ gerechnet werden. Als Hauptbatterie diente A_6.

Cds.: 1 trock. Tafel. Nbdr.$=30\cdot4$, $\Theta=6\cdot7$, $k=0\cdot508$, also $k'=0\cdot987$*
„ 1 T. m. d. Wss. „ $=24\cdot0$, $\Theta=12\cdot9$, $k=0\cdot643$, also $k'=1\cdot667$.

Diese Werthe von k' stimmen mit den früheren Beobachtungen überein. Als hierauf der Condensator nur eine Luftschicht von der

[1]) Die verbindenden 10' sind hierbei eingerechnet.

Glasstärke enthielt, die oben unmittelbar von einer ebenen Stanniolfafel begrenzt wurde, und durch die einigemale doch selten und ohne besondere Wirkung schwache Funken schlugen, so fand sich mit $HB = A_6$ bei Nbdr. $= 18 \cdot 2$, $\Theta = 0$, Nbdr. $= 30 \cdot 2$, $\Theta = 0 \cdot 1$ bis $0 \cdot 2$, Nbdr. $= 46 \cdot 2$, $\Theta = 0 \cdot 2$, dann mit $HB = A_1$ bei Nbdr. $= 18 \cdot 2$, $\Theta = 0 \cdot 1$, Nbdr. $= 30 \cdot 2$, $\Theta = 0 \cdot 1$, Nbdr. $= 46 \cdot 2$, $\Theta = 0 \cdot 2$. Der Ort des Maximums liess sich aus diesen Beobachtungen nicht feststellen, da offenbar, wie schon oben gefunden wurde, k' und folglich auch k viel zu klein ist. — Es that mir leid, keine geschliffenen Glastafeln zur Hand zu haben, um diese durchweg für die Faraday'sche Theorie sprechenden Versuche weiter auszudehnen und wenigstens von einigen Substanzen das specifische Vertheilungsvermögen zu bestimmen.

Zur Theorie der Pulswellenzeichner.

Von **Dr. Ernst Mach,**
Privatdocent der Physik.

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 3. April 1862.)

Es wurde bereits viel über die Verlässlichkeit der Resultate gestritten, welche man mittelst der Wellenzeichner erhält. Vielleicht trägt das Folgende dazu bei, einige noch unklare Punkte in ein helleres Licht zu setzen. Speciell soll hier namentlich Marey's Sphygmograph untersucht werden, der für den praktischen Arzt von einiger Bedeutung sein dürfte.

Das Kymographion, welches zu bekannt ist um hier noch näher beschrieben zu werden, wurde zuerst von Ludwig[1]) angegeben. Es besteht im Wesentlichen aus einer heberförmigen Röhre, in welcher eine Quecksilbersäule durch den Blutdruck in Bewegung gesetzt und durch ihre eigene Schwere in eine bestimmte Gleichgewichtslage zurückgetrieben wird. Die Bewegungen der Säule werden auf einer gedrehten Trommel verzeichnet. — Vierordt machte in seiner „Lehre vom Arterienpuls" darauf aufmerksam, dass die vom Kymographion verzeichnete Curve nicht allein vom variirenden Blutdrucke herrühre, sondern die eigenen Schwingungen der Quecksilbersäule mit enthalte. Redtenbacher[2]) unterstützte durch seinen

---

[1]) Müller's Archiv 1847. S. 242.

[2]) Redtenbacher findet unter andern auch, dass die Schwingungsamplitüden der Quecksilbersäule mit der Zeit fortwährend (theoretisch selbst bis in's Unendliche) wachsen, wenn die Periode des Blutdruckes gleich ist der Schwingungsdauer, welche die Quecksilbersäule für sich hat. — Zu einem ähnlichen Resultate gelangte Redtenbacher in seiner Theorie der Locomotive bei Betrachtung der störenden Bewegungen derselben. Es legen sich mehrere Schwingungen übereinander. Werden mehrere von diesen von gleicher Periode, so kann die Bewegung so heftig werden, dass zuletzt ein Entgleisen der Locomotive eintritt. Hieraus lassen sich wichtige Folgerungen für den Bau der Locomotive ziehen. — Freilich sind alle diese Sätze nur streng wahr, wenn keine Bewegungshindernisse wirken, haben aber eine gewisse bedingte Giltigkeit für kurze Bewegungsstrecken, wenn die Widerstände gering sind.

Calcul diese Behauptung. Dagegen bemerkt Fick[1]) ganz richtig, dass die Angaben des Kymographions bei weitem nicht so ungenau werden, als der Redtenbacher'sche Calcul lehrt, wenn man nur den Widerstand berücksichtigt, welchen Redtenbacher gänzlich vernachlässigt hat. Es legen sich dann zwei Schwingungsweisen übereinander, eine von der Periode des Blutdruckes und eine zweite von der Periode der eigenen Schwingungen der Quecksilbersäule. Diese letztere nimmt aber des Widerstandes wegen in ihrer Amplitüde mit der Zeit fortwährend ab und kann endlich unmerklich werden.

Vierordt[2]) gibt ein Instrument an, das er Sphygmograph nennt, und welches die Nachtheile des Kymographions nicht haben soll. Dasselbe besteht aus einem Hebel, der durch eine Belastung gegen die Radialarterie gedrückt und durch den Puls in Bewegung gesetzt, diese Bewegung in ähnlicher Weise verzeichnet, wie das Kymographion. Wie bereits Fick bemerkt, sind aber die Bewegungsgleichungen dieses Instrumentes dieselben, wie jene des Kymographions. Das Trägheitsmoment des Hebels ist gross, der Widerstand gering. Es werden sich demnach dieselben Nachtheile geltend machen. Das Experiment bestätigt diese Voraussage der Theorie, denn man erhält mit dem Kymographion und mit Vierordt's Sphygmographen ganz ähnliche Curven.

Marey construirte durch eine sinnreiche Modification des Vierordt'schen Instrumentes einen Sphygmographen, der bei weitem verlässlicher zu sein scheint. Mittelst dieses Apparates hat auch Marey bereits eine schöne Reihe von Untersuchungen durchgeführt[3]). Das Instrument wird an dem Arm befestigt, eine kräftige Feder liegt fest auf der Radialarterie, wird durch den Puls nur sehr wenig in Bewegung gesetzt und zeichnet ihre Bewegung mittelst eines Fühlhebels von sehr geringem Trägheitsmomente auf eine Platte, die durch ein Uhrwerk fortgeschoben wird. Schon eine oberflächliche Betrachtung der Leistungen des Instrumentes spricht sehr zu Gunsten desselben. Denn während mit dem Kymographion und mit Vierordt's Sphygmograph unter sehr verschiedenen Umständen gewonnene

[1]) Medicinische Physik, S. 473.

[2]) Lehre vom Arterienpuls.

[3]) Brown Sequard, Journal de physiologie. 1859. p. 259. p. 420. — Brown. Sequard 1860. Avril, Nr. X. — Chaveau et Marey. Comptes. rend. 7 Oct. 1861. p. 622, 6. Janv. 1862. p. 32.

Curven eine grosse Ähnlichkeit untereinander haben, zeigt Marey's Sphygmograph sehr mannigfaltige Gestalten der Curven. Er ist also entschieden empfindlicher.

Das allgemeine Schema eines Wellenzeichners ist folgendes. Eine Masse, in neben stehender Zeichnung mit A bezeichnet (bei Ludwig eine Quecksilbersäule, bei Vierordt ein belasteter Hebel, bei Marey eine Feder), wird durch eine Kraft (Schwere, Elasticität) in der Gleichgewichtslage O gehalten und zwar durch eine Kraft, welche proportional wirkt der Entfernung aus der Gleichgewichtslage. Auf diese Masse A wirkt ein veränderlicher Druck und versetzt sie in Schwingungen. Mit der Masse A ist eine andere B (der schreibende Stift) auf irgend eine Weise, z. B. durch einen Stab oder Hebel verbunden. Die Masse B liefert die Curve des Wellenzeichners. Es hängt nun die Bewegung der Masse A durch eine Differentialgleichung mit dem veränderlichen auf A wirkenden Drucke zusammen und eine andere Gleichung von derselben Form gibt die Relation zwischen der Bewegung der Masse B und jener der Masse A. Namentlich dann, wenn B gegen A sehr klein ist, so dass man annehmen kann, A wirke auf B, die Wirkung von B umgekehrt auf A sei aber verschwindend. Es genügt demnach blos die Bewegung von A zu untersuchen, da sich das Weitere durch abermalige Anwendung derselben Schlüsse ergibt. Wenn B sehr klein und die Verbindung mit A durch Körper von grossem Elasticitätsmodul hergestellt ist, so kann man wohl auch annehmen, B und A bewegen sich wie eine einzige Masse.

I. Gehen wir zunächst von der Voraussetzung aus, A bewege sich ohne Widerstand. Der veränderliche in der Richtung $x'x$ wirkende Druck heisse $\varphi(t)$, x die Entfernung des A von der Gleichgewichtslage, t die Zeit. A werde stets mit einer Beschleunigung p^2x in die Gleichgewichtslage zurückgetrieben. Die Bewegungsgleichung für A ist dann:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -p^2x + \varphi(t);^1) \quad \ldots\ldots 1)$$

Wäre nun $\varphi(t) = \Sigma A \cos(qt + \tau)$,^{2}) $\ldots\ldots 2)$

---

1) Die Masse von A der Einfachheit wegen $= 1$ gesetzt.

2) Abgekürzt für $\Sigma A \cos(qt+\tau) = A_1 \cos(q_1 t + \tau_1) + A_2 \cos(q_2 t + \tau_2) + \ldots$. wobei A, q, τ in jedem Gliede verschiedene Werthe haben.

wobei die Constanten A, q, τ die Form und Dauer der Periode von $\varphi(t)$ bestimmen, so hat man als Integrale dieser Gleichung nach A. Seebeck[1]):

$$x = \Sigma a \cos(qt + \tau) + \mathfrak{A} \sin pt + \mathfrak{B} \cos pt; \quad \ldots\ldots 3)$$

wobei $a = \frac{A}{p^2 - q^2}$.

Wir erhalten demnach zwei sich über einander legende Schwingungsweisen, eine von der Periode des $\varphi(t)$, welche durch das erste Glied dargestellt ist und eine zweite, welche die Masse A für sich annehmen würde, wenn sie nur einmal aus der Gleichgewichtslage gebracht wäre. Letztere Schwingungsweise ist durch das zweite und dritte Glied ausgedrückt. Die Constanten $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ hängen vom Anfangszustande der Masse A ab und bestimmen die Amplitüde der zweiten Schwingungsart. — Wäre für $t = o$, $x = N$, $\frac{dx}{dt} = M$, so finden wir $\mathfrak{A} = \frac{M + \Sigma a q \sin \tau}{p}$ $\mathfrak{B} = N - \Sigma a \cos \tau$. Es werden nun $\mathfrak{A} = \mathfrak{B} = o$, d. h. die eigene Schwingung der Masse A verschwindet ganz, wenn man für $t = o, x = N = \Sigma a \cos \tau, \frac{dx}{dt} = M = -\Sigma a q \sin \tau$ wählt. Dies wäre aber der Fall, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn A am Anfange der Bewegung schon in dem Zustande wäre, in welchem es sich oben befinden würde, wenn die Schwingung blos nach dem Gesetze $x = \Sigma a \cos(qt + \tau)$ vor sich ginge. Je mehr der Anfangszustand des A von diesem genannten Anfangszustande verschieden ist, desto grösser fallen die Werthe von $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ aus, desto mehr tritt die eigene Schwingung von A hervor.

Wählen wir für $t = o$, $x = N = \Sigma a \cos \tau$, für $\frac{dx}{dt}$ aber einen beliebigen Werth M, so finden wir das Gesetz der Schwingung ausgedrückt durch:

$$x = \Sigma a \cos(qt + \tau) + \left(\frac{M + \Sigma a q \sin \tau}{p}\right) \sin pt.$$

Hier hängt die Amplitüde der eigenen Schwingung des A von dem Coëfficienten des Gliedes $\sin pt$ ab. Dieser Coëfficient ist

---

[1]) Pogg. Ann. 62. Bd., S. 289.

aber offenbar desto kleiner, je grösser p. Noch deutlicher wird dies durch ein specielleres Beispiel. Es sei $\varphi(t) = A \sin qt$ und für $t = o$, $\frac{dx}{dt} = o$, $x = o$, so erhalten wir

$$x = \frac{A}{p^2 - q^2}\left(\sin qt - \frac{q}{p} \sin pt\right).$$

Das Glied $\frac{q}{p} \sin pt$ ist offenbar gegen $\sin qt$ desto mehr zu vernachlässigen, je grösser p ist. Bei sehr grossem p wird

$$x = \frac{A}{p^2 - q^2} \sin qt = \frac{\varphi(t)}{p^2 - q^2},$$

d. h. A gibt in seiner Schwingung genau die Periode des veränderlichen Druckes $\varphi(t)$, nur in sehr verkleinertem Massstabe. Man kann übrigens durch einen Fühlhebel diese Schwingung vergrössert darstellen.

Kehren wir zu dem allgemeineren Fall der Gleichungen 1) 2) 3) zurück. Wählen wir $\mathfrak{A} = \mathfrak{B} = o$, so haben wir für

$$\varphi(t) = \Sigma A \cos(qt + \tau),$$

$$x = \Sigma \frac{A}{p^2 - q^2} \cos(qt + \tau),$$

d. h. A schwingt allein nach der Periode des $\varphi(t)$. Die Schwingung hat aber nicht wie in dem obigen speciellen Beispiele genau die Form des $\varphi(t)$. Wählt man aber p so gross, dass man q dagegen vernachlässigen kann, so ergibt sich

$$x = \frac{1}{p^2} \Sigma \cos(qt + \tau) = \frac{\varphi(t)}{p^2}$$

In diesem Falle erscheinen also die einzelnen Glieder von $\varphi(t)$, nämlich $A_1 \cos(q_1 t + \tau_1)$, $A_2 \cos(q_2 t + \tau_2) \ldots$, alle in demselben Masse $(\frac{1}{p^2})$ verkleinert in der Schwingung. Wenn also p sehr gross ist, so gibt A in seiner Schwingung genau die Form von $\varphi(t)$.

Es ist demnach weder die Grösse p, noch der Anfangszustand gleichgiltig für die Genauigkeit, mit welcher $\varphi(t)$ in der Schwingung von A ausgeprägt erscheint; ein grosses p begünstigt diese Genauigkeit. War A schon in Schwingungen bevor $\varphi(t)$ zu wirken begann, so wird die aufgezeichnete Curve eine andere. Was

von der Schwingung ohne Widerstand gilt, kann auch angewendet werden auf kurze Bewegungsstrecken bei geringem Widerstande.

II. Schwinge nun die Masse A unter dem Einflusse von $\varphi(t)$, und einem Bewegungswiderstande, welcher beispielsweise der Geschwindigkeit proportional wäre. Dann ist die Bewegungsgleichung:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -p^2x - 2b\left(\frac{dx}{dt}\right) + \varphi(t);^1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 4)$$

Ist nun:

$$\varphi(t) = \Sigma A \cos(qt + \tau); \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5)$$

so hat man als Integrale:

$$x = \Sigma a \sin(qt + \theta) + e^{-bt}\{\mathfrak{A} \sin rt + \mathfrak{B} \cos rt\}; \quad \ldots\ldots 6)$$

Hiebei ist $a = \frac{A}{\sqrt{(p^2-q^2)^2+4b^2q^2}}$, $\frac{p^2-q^2}{2bq} = \text{tang}(\theta - \tau)$, $r = \sqrt{p^2-b^2}$.

Es legen sich demnach zwei Schwingungsweisen übereinander, eine von der Periode des $\varphi(t)$ und eine zweite von der Periode der eigenen Schwingung des A unter dem Einflusse des Widerstandes, welche letztere aber, wie der Factor e^{-bt} anzeigt, mit der Zeit desto rascher abnimmt, je grösser der Widerstand. $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ sind Constante, die von dem Anfangszustande abhängen, so zwar dass, wenn für $t=o$, $x=N$, $\frac{dx}{dt} = M$ gewählt wird, sich $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ ergibt:

$$\mathfrak{A} = \frac{M + \Sigma aq \cos\theta + b(N - \Sigma a \sin\theta)}{r}; \quad \mathfrak{B} = N - \Sigma a \sin\theta;$$

$\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ wäre $= o$, d. h. die Schwingung von der Periode des A wäre schon am Anfange der Bewegung nicht vorhanden, wenn $M = -\Sigma aq \cos\theta$; $N = \Sigma a \sin\theta$, wenn also wie in dem früheren Falle A schon in der Schwingung nach dem Gesetze $x = \Sigma a \sin(qt + \theta)$ begriffen wäre. Je mehr der Anfangszustand von dem besagten verschieden ist, desto deutlicher tritt die Schwingung von der Periode r hervor[2]).

---

[1]) In dieser Gleichung ist $2b$ ein constanter Coëfficient, der von der Grösse des Widerstandes abhängt.

[2]) Eine Druckvariation von längerer Dauer können wir uns der Zeit nach in einzelne Abschnitte getheilt denken. Der Endzustand des A zu Ende eines jeden Abschnittes, ist zugleich der Anfangszustand des nächsten Bewegungsabschnittes. Verläuft nun die Druckvariation stetig, so wird der Anfangszustand für jeden Abschnitt nur unbe-

Da alles was vom Anfangszustande abhängt in einer Klammer mit dem Factor e^{-bt} erscheint, so hat der Widerstand augenscheinlich die Wirkung, jede Spur des Anfangszustandes und hiermit jede Spur der Nebenschwingung von der Periode r desto mehr zu beseitigen, je länger die Bewegung bereits gedauert hat. Zuletzt schwingt A nur mehr nach dem Gesetze $x = \Sigma\, a \sin(qt + \theta)$.

Die Schwingung von A ist dann zwar von der Periode des $\varphi(t)$ aber im Allgemeinen nicht von derselben Form. Letzteres würde nur stattfinden, wenn p sehr gross und b sehr klein wäre. Einerseits ist also ein grosses b, ein grosser Widerstand vortheilhaft, weil er schnell die eigene Schwingung des A beseitigt, andererseits wird durch den grossen Widerstand die Form der Schwingung der Form des $\varphi(t)$ unähnlich.

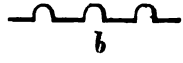
Wenn man in Erwägung zieht, dass auch der kleinste Widerstand nach und nach jede Spur, selbst eines ungünstigen Anfangszustandes (der übrigens beim Wellenzeichner leicht zu vermeiden ist) vernichten wird, so muss man sich dafür entscheiden, dass man einen Wellenzeichner mit möglichst grossem p und mit möglichst geringem Widerstande zu construiren habe. Es muss demnach widersprochen werden, wenn Fick (medic. Physik p. 479) bei Besprechung des Vierordt'schen Sphygmographen zu dem Resultate gelangt, das Instrument müsse möglichst masselos und mit so grossen Widerständen construirt werden, als es nur überhaupt angeht. Das erstere ist gewiss richtig, nicht so das letztere.

Was hier entwickelt wurde unter der Voraussetzung eines der Geschwindigkeit proportionalen Widerstandes, hat auch eine annähernde Giltigkeit für andere Widerstandsgesetze. Namentlich kann man dann ganz ruhig die Voraussetzung der Proportionalität fest halten, wenn der Wellenzeichner überhaupt nur kleine Elongationen und kleine Geschwindigkeiten annimmt, wie es der Fall sein wird, wenn er mit grossem p construirt ist.

---

deutend abweichen von dem oben bezeichneten günstigsten, bei welchem die Schwingungen von der Periode des A ganz zurücktreten.

a



b

Nicht so wird es bei rascheren Variationen der Fall sein. Bei der Druckvariation b werden z. B. die Nebenschwingungen deutlicher hervortreten als bei a.

III. Wir haben uns bisher die Frage beantwortet, wie der Wellenzeichner construirt sein müsse, damit der auf denselben wirkende veränderliche Druck $\varphi(t)$ sich in der Schwingung der Masse A und somit in der aufgezeichneten Curve möglichst getreu abbilde. Hiebei haben wir für $\varphi(t)$ eine gewisse Form angenommen und nach der Curve gefragt, welche durch dieses $\varphi(t)$ bedingt ist. Wir können nun auch die Frage umkehren, eine gewisse Curve des Wellenzeichners voraussetzen und nach dem entsprechenden $\varphi(t)$ forschen. Und in dieser Fassung interessirt die Frage eigentlich den Physiologen.

Der Wellenzeichner wäre noch nicht unbrauchbar, wenn die Curve, die er liefert, auch gar keine Ähnlichkeit hätte mit der Variation des Blutdruckes, sobald man nur eine Methode finden könnte, aus der Curve des Wellenzeichners die Variation des Blutdruckes herzuleiten. Man hätte dann eben so wenig Grund solche Wellenzeichner-Curven als unbrauchbar wegzuwerfen, als man Barometerbeobachtungen wegwirft, weil man sie erst reduciren und corrigiren muss.

Würde die Masse A unter einem variirenden Drucke $\varphi(t)$ und einem Widerstande, der nach dem Gesetze $F\left(\frac{dx}{dt}\right)$ von der Geschwindigkeit abhängt, schwingen, so hätte man als Bewegungsgleichung:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -p^2x - F\left(\frac{dx}{dt}\right) + \varphi(t) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 7)$$

Es handelt sich nun nicht um das Integrale dieser Gleichung, denn dieses ist uns gegeben durch die Curve $x = \psi(t)$, welche der Wellenzeichner aufschreibt, sondern vielmehr um die Herleitung von $\varphi(t)$ aus $\psi(t)$. Diese Ableitung ist aber sehr einfach, sie reducirt sich auf eine einfache Differentiation. Setzt man in 7 überall $\psi(t)$ für x, so ergibt sich

$$\varphi(t) = p^2\psi(t) + F\left(\frac{d\psi(t)}{dt}\right) + \frac{d^2\psi(t)}{dt^2} \quad \ldots\ldots\ldots 8)$$

Man kann also nach der Formel 8 sehr einfach die Curve des Blutdruckes $\varphi(t)$ aus der entsprechenden Curve des Wellenzeichners $\psi(t)$ herleiten, sobald man das Widerstandsgesetz kennt, unter

welchem sich der Wellenzeichner bewegt. Der blosse Anblick der Gleichung 8 lehrt übrigens, dass man desto mehr $\varphi(t) = p^2\psi(t)$ setzen könne, d. h. dass unter übrigens gleichen Umständen das zweite und dritte Glied rechts desto mehr vernachlässigt werden kann, je grösser p^2 ist. Für ein sehr grosses p^2 kommt also die Curve des Wellenzeichners der Curve des Blutdruckes sehr nahe, was wir auch schon früher gefunden haben.

Die Correction fällt augenscheinlich desto kleiner aus, je kleiner $\frac{d\psi}{dt}\ \frac{d^2\psi}{dt^2}$, d. h. je flacher die Curve des Wellenzeichners verläuft. Flache Curven verdienen ein grösseres Vertrauen als stark gekrümmte. Ein Minimum wird die nöthige Correction, wenn $F\left(\frac{d\psi}{dt}\right) + \frac{d^2\psi}{dt^2}$ ein Minimum wird. Wollte man dies weiter verfolgen, so würde sich offenbar ein Zusammenhang zwischen den Functionen F, ψ ergeben. Bei ein und demselben Widerstandsgesetz werden also verschiedene Variationen des Blutdruckes mit ungleicher Genauigkeit aufgezeichnet, und jeder bestimmten Variation des Blutdruckes entspricht ein Widerstandsgesetz, bei welchem die Aufzeichnung am genauesten wird.

Um die Formel 8 praktisch anzuwenden, ist es nöthig, F zu ermitteln. Lassen wir in Gleichung 7 das unbekannte Glied $\varphi(t)$ weg, d. h. versetzen wir den Wellenzeichner ohne Einwirkung eines variirenden Druckes in Schwingungen, so haben wir

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -p^2x - F\left(\frac{dx}{dt}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 9)$$

Es handelt sich nun wieder nicht um das Integrale dieser Gleichung; letzteres ist uns gegeben durch die Curve $x = \chi(t)$, welche der Wellenzeichner für sich allein schwingend aufschreibt; sondern um die Herleitung der Form F aus $\chi(t)$. Diese Ableitung geschieht einfach dadurch, dass in 9 für x überall $\chi(t)$ gesetzt wird.

Wir haben:

$$F\left(\frac{d\chi(t)}{dt}\right) = -p^2\chi(t) - \frac{d^2\chi(t)}{dt^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 10)$$

Setzt man nun $\frac{d\chi(t)}{dt} = y$ und ermittelt

$$\chi(t) = f_1\left(\frac{d\chi(t)}{dt}\right) = f_1(y);\ \text{ferner}$$

$\frac{d^2\chi(t)}{dt^2} = f_2\left(\frac{d\chi}{dt}\right) = f_2(y)$, so findet sich die Form F.

$$F(y) = -p^2 f_1(y) - f_2(y); \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 11)$$

Was die experimentelle Bestimmung von F betrifft, sah ich mich durch mancherlei Gründe bestimmt, dieselbe vorläufig zu unterlassen. Für das Kymographion das Widerstandsgesetz zu bestimmen, konnte ich nicht wohl unternehmen, weil gegenwärtig in Wien eine Arbeit über die Reibung des Quecksilbers in Glasröhren durchgeführt wird, deren Resultate erst abzuwarten sind. Für den Vierordt's Sphygmograph unterliess ich die Bestimmung, weil das Instrument gegenwärtig keinen besondern praktischen Werth mehr zu haben scheint. Bei Marey's Instrument versuchte ich die Bestimmung, doch erhielt ich zu grosse Differenzen. Das Instrument müsste genauer gearbeitet sein, um eine solche Untersuchung werthvoll zu machen. Auch ist vorläufig aus Gründen, die unten klarer werden, noch nicht an eine mumerische Auswerthung der mit dem Sphygmographen gewonnenen Resultate zu denken. Übrigens soll unten eine experimentelle Prüfung des Marey'schen Sphygmographen folgen.

Fassen wir nun die theoretischen Resultate zusammen, zu welchen wir gelangt sind, so könnnen wir folgende Sätze feststellen:

1. Wir haben eine allgemeine Methode gefunden aus der jedesmaligen vom Wellenzeichner angegebenen Curve, die Curve des Blutdruckes (allgemein die Curve der Druckvariation) herzuleiten, wenn wir nur zuvor das Widerstandsgesetz ermittelt haben, unter welchem sich der Wellenzeichner bewegt.

2. Die Curve des Wellenzeichners stimmt in der Form mit der Curve der Druckvariation dann am meisten überein, wenn die Widerstände gering sind und die Grösse p^2 bedeutend ist, d. h. wenn jene Masse des Wellenzeichners, welche durch die Druckvariation in Schwingungen versetzt wird, selbst durch bedeutende Kräfte nur eine geringe Verschiebung aus der Gleichgewichtslage erleidet.

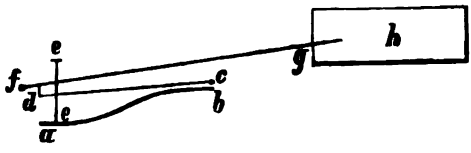
Das Kymographion würde nach 2 desto genauere Angaben machen, je grösser das specifische Gewicht der angewandten Flüssigkeit wäre. Könnte man eine Flüssigkeit anwenden von noch grösserem specifischem Gewicht als Quecksilber, so würde die Genauigkeit erhöht. — Der Vierordt'sche Sphygmograph dürfte

beiläufig mit dem Kymographion auf derselben Stufe der Genauigkeit stehen. — Bei Marey's Sphygmograph ist die durch den Blutdruck bewegte Masse, welche wir im Schema A genannt haben, eine Feder. Die Grösse p^2 hat hier die Bedeutung $p^2 = \frac{E}{M}$, wobei E den Elasticitätsmodul, M die Masse der Feder bezeichnet[1]). Ist der Elasticitätsmodul gross, d. h. die Feder hart und ihre Masse klein, so ist p^2 und hiemit auch die Genauigkeit der Angaben bedeutend. Eine oberflächliche Betrachtung lehrt, dass diese Bedingungen an Marey's Instrument erfüllt seien, denn selbst bedeutende Druckvariationen haben nur eine geringe Bewegung der Feder zur Folge.

Der Satz 2 ist auch ohne mathematische Deduction einer allgemein verständlichen Exposition fähig. Das Kymographion registrirt nach Vierordt ungenau, weil die Quecksilbersäule, sobald sie durch eine Druckänderung aus der Gleichgewichtslage gebracht ist und Geschwindigkeit angenommen hat, bei der nächsten Druckänderung in dem nächtsfolgenden Bewegungselement nicht allein diese Druckänderung, sondern auch die bereits erlangte Geschwindigkeit repräsentirt. — Wie das Kymographion verhält sich aber jedes Barometer. Warum ist es also noch niemand eingefallen bei Barometerbeobachtungen die Geschwindigkeiten in Rechnung zu bringen, welche die Quecksilbersäule durch die frühern Luftdruckvariationen etwa erlangt hat? — Aus dem einfachen Grunde offenbar, weil bei dem Barometer die Lagenänderungen der Säule sehr gering sind und sehr langsam vor sich gehen, weil also die Säule so gut wie gar keine Geschwindigkeiten erlangt. Könnte man nun die Schwere in dem Masse erhöhen, dass auch beim Kymographion die Lagenänderungen, somit die erlangten Geschwindigkeiten sehr klein ausfallen, so könnte man letztere vernachlässigen, die aufgezeichnete Curve würde die reine Druckvariation wiedergeben. — Natürlich ist die Quecksilbersäule nicht wesentlich. Jeder andere Körper, der durch Kräfte in einer bestimmten Gleichgewichtslage gehalten wird, welche Kräfte rasch proportional der Entfernung aus der Gleichgewichtslage wachsen, leistet genau dasselbe. Bei Marey ist dieser Körper eine Feder.

[1]) Wenn man nämlich die chasse berücksichtigt, welche in der obigen Entwicklung = 1 gesetzt wurde, weil es sich nicht um absolute Bestimmungen handelte.

Übergehen wir nun zur experimentellen Prüfung des Mareyschen Sphygmographen. Derselbe ist durch nebenstehende Zeichnung schematisch dargestellt. Durch den Puls wird die mit dem Ende *a* auf die Radialarterie drückende Feder *ab* in



Bewegung gesetzt. Auf *ab* ruht vermöge der Schwere ein Hebel *dc*, der um die Axe *c* drehbar ist und vermittelst der Stellschraube *ee* in verschiedene Lagen gebracht werden kann. Mit dem Ende *d* wirkt der Hebel *cd* auf einen andern um *f* drehbaren Hebel *fg*, der auf einer durch ein Uhrwerk fortgeschobenen Platte *h* schreibt. Das ganze Instrument wird an dem Arm befestigt. Der Hebel *cd* und die Feder *ab* bilden die in unserm obigen Schema *A* genannte Masse. Je kleiner diese Masse und je grösser der Elasticitätsmodul der Feder, desto genauer bildet sich der Puls in der Bewegung dieser Masse ab. Diese Bewegung ist aber sehr klein und muss, um sichtbar zu sein, durch den Fühlhebel *fg* vergrössert werden. Ist letzterer von geringem Trägheitsmoment im Vergleich zur Masse der Feder und des Hebels *cd* und ausserdem nur wenig biegsam, so folgt das Ende *g* genau den Schwingungen der Feder. Einerseits ist also eine kleine Masse von *cd* vortheilhaft damit eben *cd* genau schwinge, andererseits soll aber *cd* von grösserer Masse sein, damit das Trägheitsmoment von *fg* gegen dieselbe verschwinde. — Wenn zwischen *ab*, *cd*, *fg* eine solche Verbindung besteht, dass diese Theile vermöge der Elasticität der Verbindung sich nur ausserordentlich wenig gegen einander bewegen können, so kann man sie als eine schwingende Masse ansehen, und es kommt dann nur darauf an, dass diese Gesammtmasse gering sei. — Wollte man vom Standpunkte der Theorie eine Modification des Instrumentes vorschlagen, so wäre es die, die Feder *ab* noch fester, den Hebel *cd* noch leichter zu wählen oder ganz wegzulassen. Übrigens dürfte das Instrument auch in seiner jetzigen Form, für die gewöhnlichen Zwecke wenigstens, vollständig ausreichen.

I. Um zunächst zu einem beiläufigen Urtheile über die Genauigkeit zu gelangen, mit welcher der Sphygmograph Druckvariationen aufzeichnet, verfuhr ich auf folgende Weise. Ich befestigte den Sphygmographen statt an einer Arterie an einem circa 0·2 Meter

langen mit Wasser gefüllten Kautschukschlauch. An einem Ende war der Schlauch geschlossen, an dem andern mit einer Spritze versehen, durch welche man im Schlauche Druckvariationen hervorbringen konnte. Die Bewegungen der Spritze verzeichneten sich mittelst eines am Stempel angebrachten Stiftes auf einer Seite der Platte *h*, die Bewegungen des Sphygmographenhebels *fg* auf der andern Seite derselben Platte. Da man nun bei einem so kurzen Schlauche von Reflexionswellen fast ganz befreit ist, so musste die Sphygmographencurve der Spritzencurve nahezu parallel gehen, wenn der Sphygmograph gut registrirte. Die Versuche sprachen in der That zu Gunsten des Sphygmographen. Auf Taf. I, Fig. 1 — 3 [1]) sind einige von den Curven zu sehen, welche ich erhielt. Die Sphygmographencurve ist mit *a*, die Spritzencurve mit *b* bezeichnet. Bedenkt man, dass der Sphygmograph Kreisbögen gibt, wo die Spritze gerade Linien zeichnet und dass ferner der Sphygmograph in vergrössertem Massstabe aufträgt, so muss man die Übereinstimmung zwischen beiden Curven gross finden, besonders da, wo man es mit langsamen oder kleinen Druckvariationen zu thun hat. Bei raschen und grossen Variationen wie in 1. treten in der Sphygmographencurve Schwingungen auf, die in der Spritzencurve sich nicht finden. Es wird sich später ergeben, dass diese nicht im Instrumente, sondern in dem angewandten elastischen Schlauche ihre Ursache haben. Übrigens versetzte ich das Instrument absichtlich in so heftige Bewegungen, wie sie bei der Untersuchung des Pulses nie vorkommen. Hätte der Sphygmograph Fehler, so müssten sie bei so heftigen Bewegungen am deutlichsten hervortreten.

II. Um entscheiden zu können, in welchen Umständen die in der ersten Versuchsreihe aufgefundenen Ungenauigkeiten begründet seien, wurden die einzelnen Theile des Instrumentes für sich, ohne Anwendung eines Schlauches untersucht.

1. Der Hebel *fg* ist lang, dünn und elastisch, er könnte demnach wohl bei plötzlichen Druckvariationen in Schwingungen gerathen und dieselben mit registriren.

Das Instrument wurde so befestigt, dass die Feder *ab* und der Hebel *cd* unbeweglich war; dann wurde das Uhrwerk in Thätigkeit versetzt, der Hebel *fg* gehoben und gegen den festen Punkt *d*

[1]) Alle Curven sind von links nach rechts zu lesen.

fallen gelassen. Die so verzeichnete Schwingung ist in Fig. 4 abgebildet; sie geht so rasch vor sich, dass die Curventheile nicht einmal deutlich aus einander treten. Fig. 5, 6, 7, 8 erhält man, wenn das Trägheitsmoment des Hebels durch eine am Ende *g* angebrachte Belastung von 1 Grm., 10 Grm., 6 Grm., 16 Grm. vermehrt wird. Die Schwingungsdauer nimmt dann offenbar zu. Die von der Elasticität des Hebels *fg* herrührenden Schwingungen sind also nur dann von merklicher Dauer, wenn das Trägheitsmoment künstlich vermehrt wird. Auch zeigen sich diese Schwingungen in merklicher Amplitude nur bei so heftigen Stössen, wie sie in der praktischen Anwendung des Instrumentes wohl nie vorkommen. Die Fig. 1 beobachteten Unregelmässigkeiten können also nicht von diesen Schwingungen herrühren, was weiter unten noch klarer wird.

2. Die Feder *ab* gibt angeschlagen einen Ton von circa 130 Schwingungen (in der Secunde), sie schwingt also im Vergleich selbst zu dem schnellsten Puls sehr schnell. Es herrschen demnach an dem Instrumente die Verhältnisse, welche durch die Theorie als günstige dargestellt werden. Wird die Feder *ab* mit den beiden Hebeln *cd* und *fg* zugleich in Schwingungen versetzt (durch einen heftigen Stoss), so erhält man die Form Fig. 10, eine in der Amplitüde rasch abnehmende Bewegung. Um die Schwingungsweise des Instrumentes auch unter den Verhältnissen kennen zu lernen, welchen es bei der praktischen Anwendung unterliegt, wurde es an den Arm geschnallt, ohne dass eine Arterie auf die Feder wirkte und in Bewegung versetzt. Man erhielt die Form Fig. 9. Offenbar sind auch diese Schwingungen von zu kurzer Dauer, und erfordern zu ihrer Entstehung zu heftige Stösse, um aus denselben die am menschlichen Puls bemerkten Nebenwellen zu erklären.

III. Nach dieser Prüfung des Instrumentes schritt ich wieder zu den Schlauchwellenversuchen.

1. Das Instrument wurde an den Schlauch applicirt und der Hebel desselben entweder gehoben oder gesenkt und dann plötzlich frei gelassen. Auf diese Weise lernte ich die eigenen Schwingungen des Instrumentes auch unter jenen Umständen kennen, welche bei der Application an einem Schlauche wirken. Um von dem Einflusse etwaiger Reflexionswellen möglichst befreit zu sein, wurden lange Schläuche gewählt, bei welchen die Reflexionswellen deutlich hervortreten müssen, wenn sie überhaupt vorhanden sind. Von solchen

Reflexionswellen war hier nichts zu bemerken. Fig. 11, 12, 13 geben die Bewegungen auf Schläuchen von 3·4, 2·3 und 1 Meter Länge. Der Hebel kommt angenscheinlich sehr schnell zu Ruhe, man findet kaum eine Spur von Schwingungen. Wurde der Hebel *fg* mit 6 Grm. belastet, so traten die Schwingungen deutlicher hervor. Fig. 14 zeigt die Schwingungen mit belastetem Hebel auf einem Schlauche von 1 Meter.

2. Der Sphygmograph wurde nach und nach an dem einen Ende eines Schlauches von 3·2, 1·3, 0·6, 0·3 und 0·06 Meter Länge applicirt, während am andern Ende durch plötzliches Niederdrücken, Liegenlassen und eben so plötzliches Abheben eines Holzstückchens, eine Welle erzeugt wurde. Fig. 15, 16, 17, 18, 19 auf Tafel II geben die aufgezeichneten Formen. Die an den Curven beobachteten Eigenthümlichkeiten können nicht von den eigenen Schwingungen des Instrumentes herrühren, weil diese, wie wir gesehen haben, unmerklich sind und nur bei der Belastung des Hebels *fg* sichtbar werden. Erwähnte Eigenthümlichkeiten haben offenbar ihren Grund in den Reflexionswellen, welche im Schlauche auftreten. Bei Verkürzung des Schlauches rücken diese, wie die Figuren zeigen, näher zusammen und werden auch häufiger. Bei 15 ist zwischen der grösseren Hauptwelle und der nachfolgenden kleineren Reflexionswelle noch ein Zwischenraum vollständiger Ruhe zu bemerken, der bei kürzeren Schläuchen und rascherer Folge der Reflexionswellen verschwindet. Bei 18 ist von den Reflexionswellen fast nichts mehr zu sehen, sie fallen wohl, weil der Schlauch nur 0·3^m lang ist, mit der Hauptwelle zusammen. Bei einem Schlauche von 0·06^m (Fig. 19) kann nicht wohl von der Fortpflanzung einer Welle die Rede sein; es tritt mit dem Niederdrücken des Schlauches eine plötzliche Erhöhung des Druckes ein, die so lange verbleibt, bis man den Schlauch wieder frei lässt, wobei der Druck ebenso rasch wieder sinkt. Die entsprechende Sphygmographencurve Fig. 19 verzeichnet genau die Form dieser Druckvariation bis auf das Häkchen zu Anfang jeder Erhebung. Selbst die kleine Differenz hat, wie sich zeigen wird, keinem Fehler des Instrumentes ihre Entstehung zu verdanken.

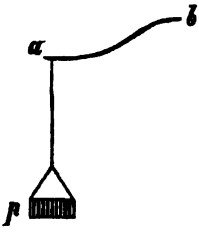
3. Um die Genauigkeit des Instrumentes noch näher zu prüfen, wurde bei derselben Schlauchlänge der Hebel *fg* abwechselnd mit 6 Grm. belastet oder frei gelassen. Wäre die Periode der Schwingung durch das Instrument bedingt, so müsste sich diese mit der

Belastung ändern. Es wurden aber die Reflexionswellen selbst mit belastetem Hebel in derselben Weise verzeichnet wie mit freiem Hebel. Fig. 20 und 21 gibt die Welle eines Schlauches von 2·7^m bei freiem und belastetem Hebel. Ebenso Fig. 22, 23 bei 0·9^m, Fig. 24, 25 bei 1^m, Fig. 26, 27 bei 0·03^m Schlauchlänge. Fig. 28, 29 sind je zwei Pulscurven mit und ohne Belastung. Bei diesen Pulscurven scheint sich der ganze Einfluss der Belastung auf die Verkleinerung sämmtlicher Ordinaten zu beschränken.

Einigen Einfluss auf die Form der Welle scheint allerdings die Belastung zu haben und dies lässt auch die Theorie erwarten. Wahrscheinlich hat auch schon die blosse Application des Instrumentes eine Formänderung der im Schlauche fortschreitenden Welle zur Folge.

Dass bei ganz kurzen Schläuchen auch noch Differenzen zwischen der Druckvariation und der Sphygmographencurve auftreten, wie bei Fig. 19, 26 und 27, muss überraschen, da hier doch wahrscheinlich keine Reflexionswellen in's Spiel kommen. Vermuthlich tritt aber in einem kurzen Schlauche bei jeder Druckänderung eine Art stehender Schwingungen ein. Dass dann die Belastung des Instrumentes von Einfluss ist, wie die Vergleichung von Fig. 19 und 26 mit 27 lehrt, kann nicht befremden. Die gemeinschaftliche stehende Schwingung des Schlauches und Instrumentes wird desto langsamer, je grösser die zu bewegende Masse.

IV. Es wurde nun noch untersucht, wie sich das Instrument gegen Druckvariationen ohne Anwendung eines Schlauches verhalte. Das Instrument wurde so befestigt, dass die Feder *a b* sich frei bewegen konnte. An derselben hing an einem längeren feinen Faden ein Bleigewichtchen *p*. Wurde nun das Uhrwerk in Thätigkeit versetzt und dann das Gewichtchen *p* mit der Hand von unten rasch aufgefangen, so wurde der Druck plötzlich um *p* vermindert. In den meisten Fällen gab das Instrument diese Druckvariation mit wunderbarer Genauigkeit ohne Spur von Nachschwingung an, wie dies in Fig. 30, Taf. II, zu sehen ist. Übrigens kommen auch unter einer grösseren Zahl von Versuchen Unregelmässigkeiten vor, welche wahrscheinlich durch die Ungleichheiten des Widerstandes (Reibung an dem Papier, auf



welches die Curve verzeichnet wird etc.) und vielleicht auch durch die elastische Nachwirkung der Feder bedingt sind. Man fand z. B. bei einer und derselben Druckvariation Fig. 31, 32, 33. — Wurde der Hebel *fg* belastet, so vermehrte sich augenscheinlich die Ungenauigkeit, man erhielt für eine plötzliche Druckvariation z. B. einmal Fig. 35. — Wurde *p* langsam gesenkt bis der Faden fast angespannt war und dann plötzlich losgelassen, so trat eine Druckvermehrung ein, welche bei unbelastetem Hebel *fg* im Allgemeinen ebenfalls sehr genau registrirt wurde, wie Fig. 34 lehrt. — Übrigens ist hier der nach der Theorie ungünstigste Fall einer plötzlichen Druckvariation angewandt. In jedem anderen Falle wird die Genauigkeit des Instrumentes noch grösser sein. — Es bestätigt sich demnach die Vermuthung, dass die bei Schlauchwellen beobachteten Eigenthümlichkeiten nicht etwa von Ungenauigkeiten und Nachschwingungen des Instrumentes herrühren, es sind im Gegentheile Genauigkeiten, indem das Instrument Druckvariationen sehr präcis registrirt. — Die in gewissen Fällen beobachteten Unregelmässigkeiten der Reibung veranlassten mich hauptsächlich die Bestimmung des Widerstandsgesetzes vorläufig zu unterlassen.

Fassen wir nun die Resultate unserer Experimentaluntersuchung kurz zusammen, so ergeben sich folgende Sätze.

1. So wie die Theorie führt auch das Experiment zu einem sehr günstigen Urtheile über Marey's Sphygmograph. Das Instrument registrirt selbst rasche und heftige Druckvariationen mit grosser Genauigkeit. Es ist also namentlich Meissner's[1]) Behauptung, die Eigenthümlichkeiten des menschlichen Pulses seien durch Nachschwingungen des Instrumentes bedingt, als unrichtig zu bezeichnen. Das Instrument kann dem praktischen Arzte nur empfohlen werden.

2. Es ist möglich, dass durch die Application des Instrumentes die Pulswellen in den Arterien eine kleine Veränderung erleiden. In welchem Masse und in welcher Weise dies geschieht, muss eine genaue Untersuchung über Wellenbewegung in elastischen Röhren nachweisen, und zwar eine Untersuchung, welche mit vom Sphygmographen unabhängigen Mitteln durchgeführt werden muss.

3. Es wäre gegenwärtig verfrüht, wenn man die im theoretischen Theile angegebene Methode aus der Curve des Wellenzeich-

[1]) Jahresbericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie von Henle und Meissner 1859. S. 537.

ners die Curve des Blutdruckes abzuleiten, für den Sphygmographen zurechtlegen wollte. Einmal aus dem in 2 angegebenen Grunde, dann auch weil das Instrument für eine numerische Auswerthung noch zu unregelmässig registrirt.

Zum Schlusse erlaube ich mir noch Herrn Prof. Dr. A. Duchek, der mir mit grösster Liberalität sein Laboratorium zur Disposition stellte, so wie auch dessen Assistenten Herrn Dr. Veroni für die freundliche Hilfeleistung bei Durchführung der Experimente, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

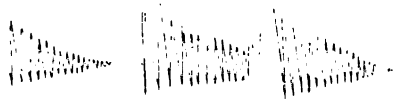
3.b.

4.

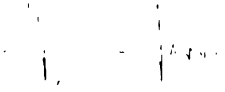
5.

6.

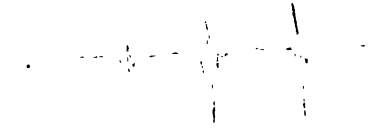
7.



8.

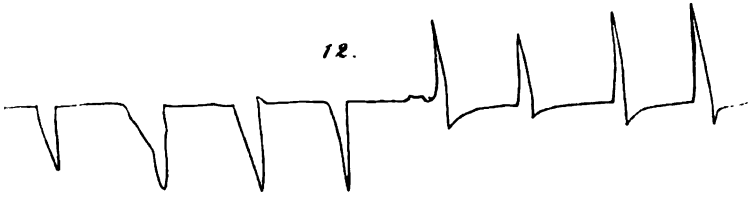


9.



11.

12.



Untersuchungen über das magnetische Verhalten einiger Cyanverbindungen des Eisens, Nickels und Kobalts.

Im k. k. physikalischen Institute ausgeführt

von Dr. **Julius Wiesner**,

Docenten am k. k. polytechnischen Institute in Wien.

Faraday [1]) hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass trotz des ausgezeichneten paramagnetischen Verhaltens der gewöhnlichen Eisensalze Verbindungen mit namhaftem Eisengehalt existiren, welche vom Pole eines Elektromagneten abgestossen werden, und zwar bezeichnete uns Faraday anfänglich die beiden Blutlaugensalze als diamagnetische Eisenverbindungen.

Plücker [2]) und Beer haben hierauf nochmals das magnetische Verhalten der beiden genannten Körper studirt und gefunden, dass unabhängig von der Krystallgestalt, das gelbe Blutlaugensalz wohl diamagnetisch, das rothe Blutlaugensalz hingegen entschieden paramagnetisch ist. Ein gleiches Resultat erhielten auch Grailich und Lang [3]), welche besonders von der letzteren Verbindung eine ansehnliche Zahl von Individuen mit stets gleichem Erfolge untersuchten. Weiter fortgesetzte Untersuchungen lehrten Faraday [4]) ebenfalls den paramagnetischen Charakter des rothen Blutlaugensalzes im gewöhnlichen diamagnetischen Mittel der atmosphärischen Luft.

Da nun Dr. Arndtsen [5]) in neuester Zeit auch den diamagnetischen Charakter des gelben Blutlaugensalzes in Zweifel zog, und überhaupt ausser den genannten beiden Körpern nur wenige Verbindungen des Cyan mit den entschieden paramagnetischen Metallen in Bezug auf das magnetische Verhalten untersucht wurden [6]), so

---

[1]) Pogg. Bd. 70, 28.

[2]) Pogg. Bd. 81, p. 138 u. 157.

[3]) Sitzb. d. kais. Akad. d. Wiss. mathem.-naturw. Cl. Bd. 32, p. 50.

[4]) Pogg. 100, p. 125.

[5]) Pogg. 104, p. 606.

[6]) Meines Wissens blos die Blutlaugensalze, Berlinerblau, Turnbullblau und Nitroprussidnatrium.

stellte ich mir die Aufgabe, mehrere Reihen analoger Verbindungen in der angegebenen Richtung zu prüfen, um den Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und dem magnetischen Verhalten kennen zu lernen.

Ausser drei einfachen und etwa 30 sogenannten Doppel-Cyanüren untersuchte ich noch das cyansaure Eisenoxydul und das demselben analog zusammengesetzte Schwefelcyaneisen.

Die Substanzen, welche ich zur Untersuchung benützte, verdanke ich zum grossen Theile der Güte des Hrn. Prof. Dr. Schrötter. Einige derselben wurden von Hrn. Ph. Weselsky, Adjuncten am chemischen Laboratorium des polytechnischen Institutes, dargestellt und mir freundlichst zur Prüfung überlassen. Die übrigen Verbindungen stellte ich im Laboratorium des Hrn. Prof. Dr. Bauer dar.

Zur magnetischen Prüfung benützte ich Krystalle und Krystallfragmente oder zusammenhängende feste Massen von krystallinischen oder amorphen Körpern, die ich direct am Coconfaden befestigte; nur in wenigen Fällen, wenn mir nämlich keine anderen Substanzen zu Gebote standen, bediente ich mich pulverförmiger Körper, die ich auf einem leichten, an Coconfäden aufgehängten Schiffchen von schwedischem Filtrirpapier dem Einflusse des Elektromagneten aussetzte.

Zur magnetischen Untersuchung benützte ich jenen ausgezeichneten Elektromagneten des k. k. physikalischen Institutes, den auch die Herren Prof. Dr. Grailich und Dr. Victor v. Lang zu ähnlichen Zwecken gebrauchten, und brauche desshalb blos, was die Einrichtung des Apparates anbelangt, auf die ausführliche Beschreibung desselben von den Genannten hinzuweisen [1]). Zur Herstellung des Stromes benützte ich Smee'sche Batterien von 6 oder 12 Elementen.

Um nur eine beiläufige Charakterisirung der magnetischen Wirkung einer Verbindung zu geben, nahm ich zur Untersuchung in der Regel Substanzen von gleichem Volumen (20 — 30 Kubikmillim.), und sah nun nach, ob eine oder erst beide genäherten (sich berührenden) Spitzen des Elektromagneten unter dem Einflusse von 6 oder 12 Elementen eine starke Anziehung oder Abstossung bedingten.

Der Kürze wegen bediente ich mich im Nachstehenden folgender Zeichen, um ein Bild von der Grösse der magnetischen Wirkung einer chemischen Verbindung zu geben.

---

[1]) Sitzb. d. kais. Akad. d. Wiss. mathem.-naturw. Cl. Bd. 32, p. 45.

Bei diamagnetischen Körpern:

d_1 = Starke Abstossung bei 6 Elementen von einer Spitze (bei einem Vol. von 20—30 Kubikmillim.);

d_2 = „ „ „ 6 Elementen von beiden genäherten Sp. (bei einem Vol. v. 20—30 Kubikmillim.);

d_3 = „ „ „ 12 Elementen von beid. genäherten Sp. (bei einem Vol. v. 20—30 Kubikmillim.).

Die Bedeutung von p_1 , p_2 , p_3 als Zeichen für die Stärke der Anziehung bei paramagnetischen Substanzen ist analog dem d_1 , d_2 , d_3.

Nr. 1. Einfach Cyankobalt:

$$\left.\begin{matrix}\mathrm{Co}\\ \mathrm{Cy}\end{matrix}\right\} = p_2.$$

α) Amorphe cohärente Masse erhalten von Hrn. Prof. Schrötter, ebenso Nr. 2.

β) Vom Verfasser dargestellt aus salpetersaurem Kobaltoxydul und Cyankalium.

Nr. 2. Einfach Cyannickel:

$$\left.\begin{matrix}\mathrm{Ni}\\ \mathrm{Cy}\end{matrix}\right\} = p_1.$$

Amorphe zusammenhängende Masse.

Nr. 3. Einfach Cyaneisen [1]):

$$\left.\begin{matrix}(?)\,\mathrm{Fe}\\ \mathrm{Cy}\end{matrix}\right\} = p_1,$$

dargestellt durch Zusammenmischen von wässerigem, im Überschuss vorhandenen Cyankalium mit einer wässerigen Lösung von Eisenvitriol, der vorerst durch Weingeist aus der Lösung in Wasser ausgefällt wurde. Rothbraune amorphe, feste Masse.

Nr. 4. Kaliumnickelcyanür:

$$\left.\begin{matrix}(\mathrm{NiCy_2})\\ \mathrm{K}\end{matrix}\right\} + \mathrm{aq.} = d_2.$$

Krystallinische Masse, wie die nachfolgenden 3 Körper, die sämmtlich Krystallaggregate waren, von Herrn Prof. Schrötter erhalten.

---

[1]) Vgl. Gmelin, Handb. d. org. Chemie. 4. Aufl. 1. Bd., p. 345.

Nr. 5. Natriumnickelcyanür:

$$\left.\begin{matrix}(NiCy_2)\\ Na\end{matrix}\right\} + 3\,aq. = d_2.$$

Nr. 6. Magniumnickelcyanür:

$$\left.\begin{matrix}(NiCy_2)\\ Mg\end{matrix}\right\} + x\,aq. = d_2.$$

Nr. 7. Strontiumnickelcyanür:

$$\left.\begin{matrix}(NiCy_2)\\ Sr\end{matrix}\right\} + x\,aq. = d_2.$$

Nr. 8. Baryumnickelcyanür:

$$\left.\begin{matrix}(NiCy_2)\\ Ba\end{matrix}\right\} + x\,aq. = d_2.$$

Krystallfragmente; erhalten von Herrn Ph. Weselsky.

Nr. 9. Ferrocyankalium (gelbes Blutlaugensalz):

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_2)\\ KK\end{matrix}\right\} + 3\,aq. = d_2.$$

Krystalle und Krystallfragmente. Dargestellt aus dem gewöhnlichen Salz des Handels durch mehrmaliges Umkrystallisiren.

Nr. 10. Ferrocyannatrium:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_2)\\ NaNa\end{matrix}\right\} + 12\,aq. = d_2.$$

Krystalle, erhalten von Herrn Prof. Schrötter.

Nr. 11. Ferrocyanammonium:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_2)\\ NH_4\,NH_4\end{matrix}\right\} + 3\,aq. = d_2,$$

dargestellt durch Sättigen von frischbereiteter wässeriger Ferrocyanwasserstoffsäure (aus Ferrocyanblei und Schwefelsäure) mit wässerigem Ammoniak. Krystallgruppen.

Nr. 12. Ferrocyancalcium:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_2)\\ CaCa\end{matrix}\right\} + 12\,aq. = d_2.$$

Krystalle, erhalten von Herrn Prof. Schrötter.

Nr. 13. Ferrocyanstrontium:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_2)\\ SrSr\end{matrix}\right\} + 15\,aq. = d_2,$$

dargestellt durch Einwirkung von Ferrocyanwasserstoffsäure auf kohlensaurem Strontian [1]). Krystallgruppe.

[1]) Vgl. Bette. Ann. pharm. 22. p. 148.

Nr. 14. Ferrocyanmagnium:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\ MgMg\end{matrix}\right\} + 12\ aq. = d_2,$$

analog dem früheren dargestellt [1]). Krystallgruppe.

Nr. 15. Ferrocyanbaryum:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\ BaBa\end{matrix}\right\} + 6\ aq. = d_3.$$

Krystalle. Nach der Methode von Henry [2]) aus Berlinerblau und Barytwasser dargestellt.

Nr. 16. Ferrocyankaliumbaryum:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\ KBa\end{matrix}\right\} + 3\ aq. = d_3.$$

Krystalle und Krystallfragmente. Nach der Methode von Bunsen [3]) aus Chlorbaryum und gelbem Blutlaugensalz bereitet.

Nr. 17. Ferrocyanzinn:

$$(?)\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\ Sn\end{matrix}\right\} + x\ aq. = d_3.$$

Amorphe, zusammenhängende Masse, von Herrn Prof. Schrötter wie die nachfolgende erhalten.

Nr. 18. Ferrocyankadmium:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\ CdCd\end{matrix}\right\} + x\ aq. = d_2.$$

Nr. 19. Ferrocyanwismuth:

Weisser Niederschlag, erhalten durch Zusammenbringen von wässerigen Lösungen von salpetersaurem Wismuthoxyd und gelbem Blutlaugensalz. Festes Stück.

$$(?)\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\ xBi\end{matrix}\right\} + x\ aq. = d_1.$$

Nr. 20. Ferrocyanzink:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\ ZnZn\end{matrix}\right\} + 3\ aq. = d_2,$$

dargestellt aus Zinkvitriol u. gelbem Blutlaugensalz. Pulverförm. Masse.

Nr. 21. Ferrocyanblei:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\ PbPb\end{matrix}\right\} + 3\ aq. = d_2,$$

---

[1]) Vgl. Bettel. c. 22, p. 152. u. 23, p. 115.
[2]) Scher. J. 3, p. 672.
[3]) Pogg. 36, p. 416.

dargestellt aus gelbem Blutlaugensalz und essigsaurem Bleioxyd. Pulverförmige Masse.

Nr. 22. Ferrocyankupferkalium:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\KCu\end{matrix}\right\} + 4\,aq. = p_3(?).$$

Festes amorphes Stück. Dargestellt durch Hineinfiltriren von Kupfervitriollösung in eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz. Das paramagnetische Verhalten dieses Körpers nöthigte mich, die zur Darstellung desselben benützten Substanzen näher zu prüfen. Es stellte sich heraus, dass das Blutlaugensalz wohl vom Elektromagneten abgestossen, der Kupfervitriol aber stark angezogen wurde. Ich schloss auf Eisengehalt des schwefelsauren Kupferoxyds und reinigte dies in der Weise, dass ich vorerst dasselbe mit etwas Salpetersäure behandelte, um etwa vorhandenes Eisenoxydul in Oxyd zu überführen, und nun so lange Ammoniak zusetzte, bis alles Kupferoxydhydrat in Lösung überging. Nach dem Filtriren der so erhaltenen Flüssigkeit blieb wirklich am Filter etwas Eisenoxydhydrat zurück. Ich dampfte nun das Filtrat ein und erwärmte bis zur Zerstörung des schwefelsauren Kupferoxydammoniaks. Die aus der nun filtrirten Flüssigkeit herausgefallenen Kupfervitriolkrystalle zeigten sich noch paramagnetisch. Es is nun nicht unmöglich, dass Kupfervitriol selbst paramagnetisch ist; viel wahrscheinlicher ist es hingegen, dass die Entfernung der letzten Eisenspuren aus dem Kupfervitriol sehr schwierig ist. Ich bemerke hier nur noch, dass die beiden Kupfersalze, die bis jetzt von Plücker und Beer untersucht wurden, nämlich das essigsaure [1]) und schwefelsaure [2]) Kupferoxyd, paramagnetisch sich erwiesen. Die beiden genannten Forscher setzten unumwunden den paramagnetischen Charakter beider Salze auf Kosten beigemengten Eisens.

Ich glaube das paramagnetische Verhalten bis jetzt noch in Zweifel ziehen zu müssen, indem es sehr wahrscheinlich ist, dass etwas bei der Darstellung gebildete Berlinerblau die Anziehung vom elektromagnetischen Pol herbeiführte.

Nr. 23. Ferrocyankupfer:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\CuCu\end{matrix}\right\} + 7\,aq. = p_3(?).$$

[1]) Plücker und Beer. Pogg. 82. p. 63.
[2]) Dieselben. Pogg. 82. p. 63.

Feste amorphe Masse. Dargestellt durch Filtriren einer wässerigen Blutlaugensalz-Lösung in eine Lösung des nach obiger Methode gereinigten Kupfervitriols.

Nr. 24. Ferrocyankobalt:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\CoCo\end{matrix}\right\} + x\,aq. = p_1,$$

dargestellt aus Lösungen von salpetersaurem Kobaltoxydul mit überschüssigem gelben Blutlaugensalz. Feste amorphe Masse.

Nr. 25. Ferrocyannickel:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\NiNi\end{matrix}\right\} + x\,aq. = p_1,$$

dargestellt aus Lösungen von schwefelsaurem Nickeloxydul mit überschüssigem gelben Blutlaugensalz. Feste amorphe Masse.

Nr. 26. Ferrocyanammonium-Chlorammonium:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\NH_4NH_4\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}H_4N\\Cl\end{matrix}\right\} + x\,aq. = d_1.$$

Dieser Körper wurde dargestellt durch Digeriren von Berlinerblau mit Ammoniak und Chlorammonium [1]). Fest zusammenhängende krystallinische Masse.

Nr. 27. Ferrocyankupfer-Ammoniak:

$$\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\CuCu\end{matrix}\right\} + N_3\left\{\begin{matrix}H_3\\H_3\\H_3\end{matrix}\right. + x\,aq. = p_3\,(?).$$

Kupfervitriol (vergl. Nr. 22) wurde mit Ammoniak bis zur Auflösung des Kupferoxydhydrates behandelt und in der Wärme mit überschüssigem Blutlaugensalz zusammengebracht. Ich erhielt einen bronzefarbenen, aus feinen Schüppchen bestehenden Niederschlag, den ich nach dem Abpressen zwischen Papier, also noch etwas feucht, untersuchte. Ein auf ähnliche Weise von Monthier's [2]) dargestellter Körper besteht im feuchten Zustande nach diesem Chemiker aus

Nr. 28. $$\left.\begin{matrix}(FeCy_3)\\CuCu\end{matrix}\right\} + 4NH_4 + aq.\ (= p_3?).$$

Dieser Körper übergeht nach langem Stehen an der Luft, rascher beim Erwärmen unter 100° C., in eine fein-krystallisirte, rothbraune Verbindung von der oben angeführten Zusammensetzung.

[1]) Vgl. Gmelin l. c. p. 362.

[2]) J. pharm. XI. 249.

Nr. 29. Ferridcyankalium (rothes Blutlaugensalz):

$$\left.\begin{matrix}2(FeCy_3)\\KKK\end{matrix}\right\} = p_1.$$

α) Krystalle, erhalten von Herrn Prof. Schrötter.

β) Krystalle, erhalten durch mehrmaliges Umkrystallisiren des gewöhnlichen Salzes.

Nr. 30. Ferridcyanblei:

$$\left.\begin{matrix}2(FeCy_3)\\Pb.Pb.Pb.\end{matrix}\right\} = p_1,$$

dargestellt durch Zusammenbringen heisser Lösungen von salpetersaurem Bleioxyd und rothem Blutlaugensalze. Dunkelbraunrothe, hahnenkammförmig vereinigte Krystalle.

Nr. 31. Ferridcyanwismuth:

$$(?)\left.\begin{matrix}2(FeCy_3)\\Bi\end{matrix}\right\} = p_1.$$

α) Tief ocherbrauner amorpher Körper, erhalten durch Zusammenbringen von salpetersaurem Wismuthoxyd mit überschüssigem rothen Blutlaugensalz, die im Wasser gelöst waren.

β) Tief ocherbraune amorphe Substanz, erhalten durch Zusammenbringen von rothem Blutlaugensalz mit überschüssigem salpetersauren Wismuthoxyd; beide in wässeriger Lösung.

Nr. 32. Ferridcyaneisen (Turnbullblau):

$$\left.\begin{matrix}2(FeCy_3)\\FeFeFe\end{matrix}\right\} + x\,aq. = p_1.$$

Amorphe Stücke, erhalten von Herrn Prof. Schrötter.

Nr. 33. Kobaltidcyankalium:

$$\left.\begin{matrix}2(CoCy_3)\\KKK\end{matrix}\right\} + aq. = d_3.$$

α) Krystalle von Herrn Prof. Schrötter.

β) Krystalle von Herrn Dr. V. v. Lang.

Nr. 34. Kobaltidcyannatrium:

$$\left.\begin{matrix}2(CoCy_3)\\NaNaNa\end{matrix}\right\} + 4\,aq. = d_3.$$

Krystalle, dargestellt von Herrn Ph. Weselsky, eben so das folgende.

Nr. 35. Kobaltidcyanammonium:

$$\left.\begin{matrix}2(CoCy_3)\\NH_4NH_4NH_4\end{matrix}\right\} + x\,aq. = d_3.$$

Nr. 36. Kobaltidcyaneisen:

$$\left.\begin{matrix}2(CoCy_3)\\FeFeFe\end{matrix}\right\} + x\,aq. = p_1.$$

Feste, amorphe Masse, dargestellt aus Kobaltidcyankalium im Überschusse und reinem Eisenvitriol, beide in wässeriger Lösung angewendet.

Nr. 37. Kobaltidcyankobalt:

$$\left.\begin{matrix}2(CoCy_3)\\CoCoCo\end{matrix}\right\} + 14\,aq. = p_1.$$

Feste, amorphe Masse, aus salpetersaurem Kobaltoxydul und überschüssigem Kobaltidcyankalium erhalten.

Nr. 38. Berlinerblau:

$$Fe_7Cy_9 = \left.\begin{matrix}3(FeCy_3)\\2\overset{\text{III}}{Fe}\,2\overset{\text{II}}{Fe}\end{matrix}\right\} + 6\,aq. = p_1,$$

dargestellt aus gelbem Blutlaugensalz und Eisenchlorid. Feste Masse.

Nr. 39. Cyansaures Eisenoxydul:

$$\left.\begin{matrix}Cy\\Fe\end{matrix}\right\} O_3 = p_1.$$

Dieses Salz stellte ich nach Wöhler's Methode [1]) dar. Ich bereitete mir zuerst cyansaures Silberoxyd, welches stark diamagnetisch von mir befunden wurde, und brachte eine grosse Menge dieses Körpers bei Gegenwart von Wasser mit blankem Eisendrath (Klaviersaitendrath) zusammen. Ich musste mich begnügen, um jeden Überschuss von Eisen zu meiden, ein Gemenge von cyansaurem Eisenoxydul und cyansaurem Silberoxyd zu untersuchen. Ich erhielt einen grauen Körper, ein Gemenge von überschüssigem cyansauren Silberoxyd und cyansauren Eisenoxydul, welche ich rasch filtrirte, zwischen Papier abpresste und noch feucht dem Einflusse des Elektromagneten aussetzte. Das Gemenge war stark paramagnetisch.

Nr. 40. Schwefelcyaneisen:

$$\left.\begin{matrix}Cy\\Fe\end{matrix}\right\} S_3 = p_1.$$

Eine grosse Menge von festem Schwefelcyankalium, das entschieden diamagnetisch ist, wurde im pulverförmigen Zustande mit wenigen Tropfen verdünnter Eisenchloridlösung befeuchtet und einige Zeit im Luftbade bei 50—60° C. behandelt, um die grösseren

[1]) Gmel. l. c. p. 452.

Quantitäten vom Wasser zu entfernen. Die breiige, tief braunschwarze Masse, die mit Wasser behandelt die bekannte intensiv rothe Färbung hervorbrachte, und ein Gemenge von Schwefelcyaneisen und sehr viel Schwefelcyankalium war, wurde magnetisch untersucht und zeigte sich stark paramagnetisch.

Aus den bisher angestellten Beobachtungen ergeben sich folgende Resultate:

1. Jene Cyanverbindungen des Fe, Ni und Co, in welchen diese Metalle wie in einem Haloid- oder gewöhnlichen Salze enthalten sind, verhalten sich paramagnetisch (1—3; 39 und 40).

2. Diejenigen Verbindungen, in welchen das Cyan mit einem der drei genannten Metalle zu einem zusammengesetzten Radical verbunden erscheint — in welchen also das Fe, Ni, Co direct nicht nachweisbar sind — können sowohl paramagnetisch als diamagnetisch sein (4 incl. 38).

3. Die Verbindungen nach der allgemeinen Formel

$$\left.\begin{matrix} NiCy_2 \\ Me \end{matrix}\right\}$$

sind, soweit die bis jetzt gemachten Untersuchungen reichen, diamagnetisch.

4. Die Verbindungen von der Zusammensetzung der Ferrocyanwasserstoffsäure

$$\left.\begin{matrix} FeCy_3 \\ HH \end{matrix}\right\}$$

sind diamagnetisch, wenn Wasserstoff durch diamagnetische Metalle vertreten ist, paramagnetisch hingegen, wenn Wasserstoff durch magnetische Metalle ersetzt ist.

5. Ein ganz gleiches Verhalten zeigen die Kobaltidcyanverbindungen.

6. Die der Ferridcyanwasserstoffsäure

$$\left.\begin{matrix} 2(FeCy_3) \\ HHH \end{matrix}\right\}$$

analog constituirten Verbindungen sind ausnahmslos paramagnetisch.

Beiträge zur Lymphbildung.

Von **Dr. W. Tomsa,**
Assistent der Physiologie an der k. k. med.-chir. Josephs-Akademie.

A. Beweis für die Abhängigkeit der Lymphbildung vom Blutdruck.

Mit den ersten genauen Untersuchungen über den Lymphstrom und seine Änderungen erhob sich auch die Meinung, dass die Lymphgefässanfänge durch den Blutdruck gefüllt werden. Für diese Anschauung fehlte jedoch bisher ein scharfer Beweis:

1. Weil die Blutgefässprovinzen, an welchen der Blutdruck geändert und die Lymphwæge, aus denen die Lymphe gesammelt wurde, sich nicht deckten. Überschreitet der Blutbezirk den der Lymphgefässe, so ist der mögliche Schaden nicht gross, überschreitet dagegen der Lymphbezirk jenen des Blutes, so kann kein beweisender Versuch angestellt werden. Dieser letztere Fall kann aber bei den häufigen Anastomosen der Lymphgefässe am Kopfe, welchem Bezirke die bisherigen Lymphversuche ihre Data beinahe ausschliesslich entnommen haben, als ein allgemeiner vorausgesetzt werden.

2. Die Collateralgefässe des Blutstromes in dem betrachteten Reviere machen die Beherrschung des Blutstromes unmöglich, wesshalb man nie aus der Druckänderung in dem Arterienstrome auf die in den Capillaren schliessen kann. Als Beleg gilt hier die Variation der Seitendrücke in den Kopfgefässen nach Unterbindung der beiden Carotiden.

3. Es fehlt der Nachweis, dass die Flüssigkeit, welche man als ein Filtrat aus den Blutgefässen ansehen kann, auch wirklich die Zusammensetzung der Lymphe hat.

Dieser Mängel wegen wurde auch der Beweis allgemein für ungenügend anerkannt, und die Druckhypothese durch andere zu ersetzen versucht.

Die vorliegende Arbeit stellte sich die Aufgabe, für die Druckhypothese der Lymphbereitung einen präcisen Beweis zu liefern. In

Berücksichtigung der oben angeführten Mängel hat sie ihre Angaben

1. nur einem Reviere entnommen, dem Hoden, dessen absolute Demarcation und Beherrschung der Blut-, Lymph- und Nervenbahn sichere Erfolge versprach;

2. bediente sie sich in jenen Versuchen, wo die Lymphe aus grösseren Bezirken gesammelt wurde, zur Erzielung eines gleichmässigen Blutdruckes der Abschwächung des ganzen Blutstromes durch Herzaufblasen;

3. weist sie nach, dass sich das Ödem in die Lymphgefässe unmittelbar entleere;

4. bewiesen die angeführten Versuche die Übereinstimmung der Normallymphe mit der Filtrationsflüssigkeit, welche *post mortem* in Folge der Durchleitung von Blutserum durch die Blutgefässe in die Lymphgefässe eindringt, und sich aus ihnen entleert.

Der speciellen Beschreibung unserer Resultate mögen noch einige mehr allgemeine Betrachtungen vorangehen, welche in der vorliegenden Arbeit volle Berücksichtigung fanden.

Da man vermuthen kann, respective weiss, dass nebst dem Blutdrucke die übrigen die Lymphabsonderung bedingenden Umstände gelegen sind: in der Nervenerregung, der Blutzusammensetzung und der Porenbeschaffenheit der Gefässwandungen, so muss man diese Einflüsse entweder gleichhalten oder eliminiren, während man den Druckunterschied variabel macht.

Die nähere Betrachtung der Blutdruckänderungen weist auf einige wichtige Cautelen hin:

Da die Lymphe in den grossen Gefässen, also auch wohl in den Gefässanfängen unter einem sehr niederen Drucke strömt, so kann die Änderung des Druckunterschiedes auch wohl nur durch eine Steigerung oder Minderung des Blutdruckes geschehen. Wird sie aber z. B. durch eine Steigerung des Blutdruckes, etwa durch Hemmungen im Venenstrom erzeugt, so dürfen die erweiterten Capillaren und Venenanfänge nicht zugleich die Lymphwurzeln zusammendrücken. Tritt dieser Fall ein, so ist es fast eine regelmässige Erscheinung, dass der Lymphstrom sistirt, der Hode prall gespannt und hart wird.

So wünschenswerth es auch wäre, den angewandten Druck im Capillarensystem genauer zu beziffern, so sind wir doch nicht im

Stande, darüber im speciellen Falle eine präcisere Angabe zu machen, als die, dass der in einem Versuche vorhandene den in einem anderen anwesenden übertroffen habe. Dieses erfolgt aus der Unmöglichkeit der Blutdruckmessung an den absondernden Stellen, da der Druck an den verschiedenen Abschnitten der Strombahn ungleichwerthig sein wird.

Erwägt man die Gleichhaltung der anderen die Lymphbildung fördernden Bedingungen, so ist es zunächst die Nervenerregung, deren Einfluss vermieden werden muss. Dieses dürfte nur auf doppeltem Wege erreichbar sein; entweder wären die Nerven zu durchschneiden oder sind sie wenigstens auf das Sorgfältigste vor Reizen zu bewahren. Letztere Forderung haben wir bei unseren Versuchen nach möglichster Thunlichkeit zu befriedigen gesucht.

Dieselbe Rücksicht wurde auf die Gleichhaltung der Blutzusammensetzung und auf constante Temperatur des secernirenden Organes genommen, letzteres in den meisten Fällen zur Erreichung dieses Zweckes mit gewärmten Tüchern oder Wolle belegt und eingehüllt, jedoch so, dass der Beleg keinen Druck auf das Organ, somit keinen Einfluss auf die Ausflusswege der Lymphe auszuüben im Stande war.

Anders verhält es sich mit der Porenbeschaffenheit der Gefässwandungen, welche durch die andauernde Absonderung selbst eine Veränderung erleiden könnte. Als Beispiel diene hier die Filtration, deren zunehmende Dauer einen bedeutenden Einfluss auf das Filtrat, respective die Poren des Filtrums ausübt.

Es ist aber auch möglich, dass bei andauerndem höheren Blutdrucke, wie er in unseren Versuchen zumeist durch die gradative Compression der Venen erzielt wurde, zu der schon in der Filtration bedingten veränderten Porenbeschaffenheit der Gefässwände auch noch eine andere Erscheinung hinzuträte, dass nämlich durch den anhaltenden Druck möglicherweise eine andere der Lymphabsonderung vollkommen fremde Abscheidung eingeleitet werde. Diese qualitative Änderung der Lymphe kann wieder nur auf dem Wege des Versuches durch die soweit als möglich getriebene Analyse der unter verschiedenem Drücken abgesonderten Lymphmassen der Entscheidung zugeführt werden.

Grosse Vorsicht erheischt die Messung der in der Zeiteinheit und den verschiedenen Phasen der Lymphabsonderung aus den

Lymphgefässen hervorgehenden Flüssigkeitsmenge. Es kann nämlich durch das Mass nur dann die in einer gewissen Zeit wirklich abgesonderte Masse gefunden werden, wenn man im Stande ist, den Füllungsgrad der Lymphwurzeln vor Beginn und bei Beendigung des Versuches gleich zu erhalten. Die Erfüllung dieser Bedingung dürfte aber in allen Fällen kaum in das Bereich der Möglichkeit gehören. Es ist bei unserer jetzigen Kenntniss der Lymphwurzeln unschwer einzusehen, dass mit jeder Druckerhöhung, Überfüllung und Erweiterung der Blutgefässe die Lymphanfänge einem mechanischen Angriff, einer merklichen Compression von Seiten der Capillaren ausgesetzt sein werden, welche sich erst mit dem Eintreten der vermehrten Lymphtranssudation ausgleichen kann. Und umgekehrt wird bald nach dem Aufhören der grösseren Blutspannung die Messung des unmittelbar darauf folgenden Lymphausflusses kein getreues Bild der Wirklichkeit an den sezernirenden Stellen abgeben können. Hieraus folgt, dass die messende Beobachtung nicht mit dem Beginne der Blutdruckänderung, sondern erst einige Zeit nachher anfangen und überhaupt längere Zeit hindurch fortdauern müsse.

a) Lymphversuche am Hundehoden, wo sich die Gefässprovinzen und die Lymphwege gegenseitig decken, und jede collaterale Blutströmung eliminirt ist.

Der Hundehoden bietet in obiger Beziehung sehr grosse Vortheile: nicht nur, dass seine Blutbahn eine vollkommen geschlossene ist, mit den Gefässen seiner Hüllen nirgends anastomosirt, auch der ungemeine Reichthum an Lymphgefässen, ihre Zugänglichkeit, relativ leichte Isolirung im Verlaufe des Samenstranges, ihre Confluenz zu 2 — 3, ja in seltenen besonders günstigen Fällen zu einem einzigen entsprechend weiten Stamme, begünstigen und fördern die sonst allerdings mühsamen Vorarbeiten und den Versuch selbst in nicht geringem Grade.

Das Verfahren, das wir bei unseren Versuchen einhielten, war beiläufig folgendes:

Die Versuchsthiere, wozu man jedesmal grosse Hunde wählte, um theils grössere Lymphquantitäten zu erhalten, theils durch die Operation mit grösseren Lymphgefässen dem Versuche eine erhöhte Verlässlichkeit zu verschaffen, wurden auf einem Tische befestigt,

und nach der bekannten Weise mittelst Injection von Opiumtinctur narkotisirt. Die Blosslegung und Eröffnung des Samenstranges, dessen *proc. vag. prop.* durch das ganze Leben offen bleibt, ist bei einigermassen erlangter Übung sehr leicht und ohne Blutverlust zu erzielen. Der Ort der Blosslegung selbst entspricht unmittelbar den Stellen an der äusseren Leistenöffnung. Eine etwas schwierigere, bei gehöriger Übung übrigens ausserordentlich elegant zu bewerkstelligende Operation ist die Isolirung der Blut- und Lymphbahnen am Samenstrange. Die Lymphgefässe verlaufen namentlich im oberen Drittheile des Samenstranges in seiner dünnen Bindegewebshülle eingeschlossen, ausserhalb der Blutgefässschlingen, an letztere äusserlich nur angelehnt. Man unterbindet mit Vortheil, nachdem vorerst sämmtliche Lymphgefässe des *plex. pamp.* von ihrer Umgebung abgelöst wurden, das zarte Gefässbündel in *toto*, befördert damit das Anfüllen desselben und wählt dann zur Einführung einer gewöhnlichen feinen Metallcanule, die in ein entsprechend weites Kautschukröhrchen eingefügt ist, das tauglichste Gefäss aus. Das Kautschukrohr verbindet bei unserem Versuche die Canule mit einer 1·5 Millim. weiten, graduirten Glasröhre, an welcher das Ablesen des Inhaltes mit Leichtigkeit ermöglicht ist.

Hinsichtlich der Beherrschung der Blutbahn am Hoden hat man es mit zweierlei Wegen zu thun. Der eigentliche Stromweg ist die *art. spermat.* mit ihren Venen, die Nebenzufuhr die *art. deferentialis* mit ihrer kaum bemerkenswerthen venösen Begleitung. Dass letzterer Arterie bei der Hodennährung keine eingreifende Thätigkeit gewahrt wird, zeigten zwei Unterbindungsversuche an der Spermatica, die ich behufs der Einleitung nutritiver Störungen an diesem Organe angestellt hatte. Schon am vierten Tage war die Hode trotz ungehinderter Blutzufuhr im Wege der Deferentialarterie in grosser Ausdehnung abgestorben.

Wichtiger als diese accessorische Blutbahn sind ihre Begleiter, nämlich die mitunter äusseren deutlich ausgeprägten Lymphgefässe. Es sind zumeist zwei Stämme, deren einer eng an das *vas deferens* gelehnt, mit ihm eine Richtung verfolgt, und gerade dieser Lage wegen leicht übersehen werden kann, während der andere grössere in einiger Entfernung von *vas def.* im Mesorchium seinen Weg nimmt. Beide müssen, um jede seitliche Abströmung der Lymphe während des Versuches zu verhindern, unterbunden werden.

Die oben geschilderten Verhältnisse geben uns die Möglichkeit in die Hand, auf die Blut- und Lymphbahn des Hodens mit grosser Schärfe einzuwirken. Umschlingt man zu dem Ende eine Arterienwindung und das Venenpacket am Samenstrange mit je einem breiten Seidenfaden oder Bleidrath, um ihr Lumen nach Bedarf zu beherrschen, so ist der Spielraum, welcher der Druckänderung des Blutes gewahrt wird, ein sehr grosser, und zwar von der Arterienverengung bis zur Venenverengung, ein Verhältniss, welches rücksichtlich seiner Präcision unter den übrigen Örtlichkeiten des thierischen Körpers kaum eine Analogie finden dürfte.

Schliesslich ist noch zu bemerken, dass der Hoden während des Versuches nie entblösst werden darf, überhaupt sich die ganze Operation am Samenstrange innerhalb so eng gesteckter Grenzen als möglich zu halten habe.

Wir lassen nun die genauere Beschreibung einzelner Versuche mit Angabe der erhaltenen Zahlenwerthe folgen:

1. Versuch.

Einem grossen starken Hunde wurde eine Canule in das Lymphgefäss des rechten Samenstranges eingebunden, und die Lymphe in dem erwähnten graduirten 1·5 Millim. weiten Glasröhrchen aufgefangen.

A.

Der Probefluss der Lymphe ergab

in 60 Minuten 15 Millim. Lymphsäule, pro Minute 0·25 Millim.

B.

Hierauf wurde das Venenbündel nur sehr mässig zugeschnürt; dieser Eingriff ergab

in 60 Minuten 19 Millim. Lymphsäule, pro Minute 0·32 Millim.

Die nachfolgende Lösung der Venenligatur lieferte in 40 Minuten gar keine Lymphe, trotzdem, dass die Canule nachher untersucht und von Gerinnseln vollkommen frei war. Während der nächstfolgenden

C.

30 Min. wurde eine 8 Millim. lange Lymphsäule abgelesen, pro Min. 0·26 Millim.

Die elektrische Reizung des Hodens liefert

in 30 Minuten 8 Millim. Lymphsäule, pro Minute 0·26 Millim.

und zwar während der ersten

Reizung in der Dauer von	8	Minuten	3	Millim.	Lymphsäule,	
Pause „ „ „ „	8	„	2	„	„	
Reizung der folgenden	8	„	0	„	„	
Pause von	6	„	3	„	„	

D.

Auf die Abschnürung der Venen fliesst

in	10	Minuten	8·5	Millim.,	pro Minute	0·85
Pause von	10	„	3·0	„	„ „	0·3
Abschnürung durch	10	„	10·0	„	„ „	1·0

Die fernere Beobachtung musste unterbleiben, weil der Hode hart wurde, die Lymphe röthlich gefärbt erschien und der Ausfluss sistirte.

Die Blutdruckänderung zeigt sich in dieser Versuchsreihe von grossem Einflusse, schon die geringste Hemmung des venösen Abflusses gibt eine merkliche Vermehrung bei der gewonnenen Lymphmenge. Diese Thatsache gewinnt aber im speciellen Falle noch mehr an Bedeutung, als man grössere Zeiträume zum Auffangen der Lymphe wählte, wodurch der Beweis geliefert wird, dass ein mässig erhöhter Blutdruck, obschon man ihm einen bedeutenden Einfluss auf die Gefässmembran nicht absprechen kann, selbst während einer längeren Dauer einen verhältnissmässig gleichmässigen Erfolg in der Lymphbildung haben kann. Von Wichtigkeit ist aber bei *B* die Erscheinung, dass auf die vermehrte Lymphabsonderung mit dem Sinken des Blutdruckes ein nachheriger vollständiger Ausfall in der Lymphbildung durch volle 40 Minuten bemerkbar wird, eine Consequenz, der wir während der einschlägigen Versuche sehr oft begegnen, und die eine Analogie auch in der bekannten Thatsache findet, dass bei der experimentalen Lymphgewinnung die Absonderungsmenge nach einer variablen nicht näher zu bestimmenden Zeit im merklichen Abnehmen begriffen ist. Sollten diese beiden Erscheinungen, das momentane Aufhören der Strömung in obigem Versuche und das endliche habituelle Ausbleiben der Lymphe bei dem blossen längeren Auffangen derselben nicht einer und derselben Ursache, der veränderten Porenbeschaffenheit der Gefässwandungen zugeschrieben werden? Sollte nicht einmal der Blutdruck ein grösseres Flüssigkeitsquantum durch die filtrirende Membrane treiben, während andererseits das unbeschränkte Abfliessen der Lymphe ein

verhältnissmässig rascheres Nachrücken des Filtrats zur Folge hat, in beiden Fällen also ein Plus von Lymphe erzeugt werde, das die Porenbeschaffenheit der Membran ändert, und dadurch bis zum schliesslichen Ausgleich jeden ferneren Durchtritt verwehrt.

Nicht minder wichtig ist bei diesem Versuche der negative Erfolg der elektrischen Reizung des Organes in Toto. Die zahlreichen Faserzellen, die dem Hoden in gewissen Gegenden seiner Hülle, sowie im *Corp. Highmori* zukommen, können sich an der Hinausschaffung des in den Lacunen und Gefässen vorhandenen Materials bethätigen, aber eine andere Wirkung, einen directen Einfluss auf die Lymphbildung vermöge dieser Reizung zu erzielen, dürften wir uns vergebens bemühen.

2. Versuch.

An einem grossen starken Hunde wurde der linke Hoden benützt. Auf dem *plex. pampform.* verliefen zahlreiche und kleine Lymphgefässe, dafür war das Nebenhodenlymphgefäss gross, wo jedoch das Einführen der Canule seines stark gewundenen Verlaufes wegen nicht glückte. Die Canule wurde in den mächtigsten Zweig der die Blutgefässe begleitenden Lymphgefässe gebracht, während die übrigen unterbunden wurden. Die Lymphe fing erst nach einer halben Stunde zu fliessen an;

die nächsten 15 Min. gaben 24 Millim. Lymphe, pro Minute 1·6 Millim.
die nachfolgenden 30 „ „ 61 „ „ „ „ 2·03 „

A.

Der Blutdruck wurde mittelst Zubinden des Venenbündels erhöht. Der Act des Zubindens selbst veranlasste einen plötzlichen Nachschub von 13 Millim. Lymphe im Glasrohr. In den nachfolgenden

10 Minuten erhielt man 60 Millim. Lymphe, pro Minute 6·0 Millim.

Die Lymphe erhielt sich während dieses ganzen Zeitraumes klar, war schwach gelblich gefärbt, und zeigte unter dem Mikroskope sehr spärliche Blut- und Lymphkörperchen. Auf das Losbinden wurden in

10 Minuten 13 Millim. Lymphe abgelesen, pro Minute 1·3 Millim.

B.

Die Wiederholung, wobei das Abschnüren ein plötzliches Hervorschiessen eine 7 Millim. lange Lymphsäule veranlasste, ergab

in 10 Minuten 83 Millim. Lymphe, pro Minute 8·3 Millim.

Die darauf folgende Ruhe bei wegsamen Venen

in 10 Minuten 30 Millim. Lymphe, pro Minute 3·0 Millim.

Die Lymphe enthielt nunmehr zahlreichere Blutkörperchen, der Hoden nahm an Consistenz zu. Aus diesem Grunde wurde der Versuch nicht gleich weiter geführt, und bei ungehindertem Blutstrome durch 20 Minuten Lymphe gesammelt.

Die ersten 10 Min. lieferten eine Säule von 24 Millim. Länge, p. M. 2·4 Millim.
„ letzten 10 „ „ „ „ „ 21 „ „ „ „ 2·1 „

C.

Ein dritter Versuch, in derselben Art ausgeführt wie die beiden ersten, förderte in der Zeit der Venencompression

durch 10 Minuten 24 Millim. Lymphe, pro Minute 2·4 Millim.

wobei der Hoden sehr hart wurde; die darauf folgende Eröffnungsphase in einer Dauer

von 55 Minuten 19 Millim. Nachschub, pro Minute 0·345 Millim.

Die wiedererlangte Wegsamkeit der Blutbahn änderte an der Härte des Hodens nichts mehr; selbst der directe Druck auf das Organ presste keine Lymphe mehr aus demselben.

3. Versuch.

An einem grossen Hunde wurde in ein Lymphgefäss des linken Samenstranges eingesetzt.

Als Normalsecretion fliesst

in 30 Minuten 18 Millim. Lymphe, pro Minute 0·6 Millim.

A.

Auf das mässige Zubinden der Venen

nach 30 Minuten 34 Millim. pro Minute 1·11 Millim.

Während dieser ganzen Zeit nahm der Inhalt im Glasröhrchen sehr langsam in kaum wahrnehmbarer Weise zu; doch die leiseste Berührung des Hodens erwies sich für die Entleerung äusserst empfindlich. Der Hoden übrigens weich, die Lymphe klar und hell.

Das Zuziehen der Vene verursachte Schmerzäusserungen.

Mit dem Momente des Zubindens beobachtete man nicht wie im vorigen Versuche eine plötzlich rasche Entleerung.

Die darauf folgende Beobachtung bei offener Blutbahn ergab durch 60 Minuten keine Lymphe.

B.

Venenligatur in 15 Minuten 41 Millim. Lymphgewinn, pro Min. 2·73 Millim.

Der Hoden bewahrte während dieser ½stündigen Venenunterbindung immer noch einen sehr mässigen Härtegrad.

Auf die Lösung der Ligatur strömte

in 15 Minuten 10 Millim. Lymphe hervor, pro Minute 0·6 Millim.

C.

Ligatur durch 30 Minuten 24 Millim., pro Minute 0·8 Millim.

Nach der erfolgten Lösung der Venen entleert sich spontan keine Lymphe, nur durch directen Druck auf den Hoden wird etwas Entleerung veranlasst. Die Lymphe enthält spärliche theils unversehrte, theils geschrumpfte Blutzellen.

D.

Nach längerer Pause Wiederholung der Venenligatur

durch 23 Minuten 50 Millim. Lymphe, pro Minute 2·17 Millim.

Nach der Lösung

in 26 Minuten 21 Millim. Lymphe, pro Minute 0·81 Millim.

Der Ausfluss der Lymphgefässe wird blutig gefärbt.

E.

Ligatur durch 15 Minuten 27 Millim. Lymphe, pro Minute 1·8 Millim.

Nach der Lösung kein Ausfluss.

F.

Ligatur durch 15 Minuten 9 Millim. Lymphe, pro Minute 0·6 Millim.
Lösung „ 15 „ 3 „ „ „ „ 0·2 „

Wegen zunehmender Härte des Hodens und blutiger Färbung der Lymphe wurde der Versuch beendet.

2. Versuch.

Ein grosser junger Hund. Die Lymphgefässe des *plex. pampform.* vereinigten sich sehr bald in einen grossen weiten Stamm, so dass es keiner erheblichen Nebenunterbindungen benöthigte, um den Lymphbezirk zu beherrschen. Der Versuch geschah am linken Hoden.

Die normale Lymphsecretion lieferte

in 20 Minuten 16 Millim. Lymphe, pro Minute 0·8 Millim.

A.

Erhöhung des Blutdruckes auf die gewöhnliche Art durch leichtes Zubinden des Venenbündels

in 10 Minuten 19 Millim. Ausfluss, pro Minute 1·9 Millim.

Bei offenem Blutstrom

in 10 Minuten 4 Millim. Ausfluss, pro Minute 0·4 Millim.

B.

Auf das Abklemmen der Venen

durch 10 Minuten 46 Millim. Lymphe, pro Minute 4·6 Millim.

Der Hoden fühlte sich hart und gespannt an, was wohl nur in einer hochgradigen Stagnation der innerhalb des Organs angesammelten Lymphe seine Erklärung findet, indem die Lymphe in der Glasröhre klar und gelb ist, und selbst auf den leisesten Druck eine profuse Entleerung stattfindet. Die Lösung der Venenschlinge hatte keinen selbständigen Lymphfluss zur Folge.

Mehrere nachfolgende Ligaturen hatten eine vermehrte Schwellung des Hodens, derselbe strotzte jedesmahl vor Lymphe, Ausfluss fand jedoch erst auf mechanische Nachhilfe Statt. Da hier offenbar irgend ein unbekannt gebliebenes Hinderniss die spontane Entleerung der Lymphe verwehrte, musste vom ferneren Versuch abgestanden werden.

5. Versuch.

Bei einem sehr grossen starken Hunde wurde auf der linken Seite am unteren Drittheile des Samenstranges, da wo die Lymphgefässe noch zahlreiche Geflechte bilden und den *plex. pamp.* allseitig umstricken, in einem kurzen grösseren Ast die Canule eingesetzt. Die reichlichen Abzweigungen der Lymphgefässe wurden vorsichtig unterbunden.

Normale Lymphabsonderung

in 15 Minuten 35 Millim. Lymphmenge, pro Minute 2·3 Millim.

A.

Durch Venencompression

in 5 Minuten 22 Millim. Lymphmenge, pro Minute 4·4 Millim.

Nach gelöster Ligatur

in 5 Minuten 9 Millim. Lymphmenge, pro Minute 1·8 Millim.

B.

Venenligatur in 5 Minuten 9 Millim. Lymphsäule, pro Minute 1·8 Millim.
Ligatur gelöst „ 15 „ 3 „ „ „ „ 0·2 „

C.

Venencompression in 5 Minuten 20 Millim. Lymphe, pro Minute 4·0 Millim.
Gelöst „ 5 „ 4 „ „ „ „ 0·8 „

Hierauf wurde noch bei ungehindertem Blutstrome durch 19 Minuten 22 Millim. Lymphe gewonnen, pro Minute 1·157 Millim.

D.

Venenligatur in 5 Minuten 18 Millim. Lymphe, pro Minute 3·6 Millim.
Gelöst „ 5 „ 9 „ „ „ „ 1·8 „

E.

Venenligatur in 5 Minuten 16 Millim. Lymphe, pro Minute 3·2 Millim.
Gelöst „ 5 „ 4 „ „ „ „ 0·8 „

F.

Venenligatur in 5 Minuten 9 Millim. Lymphe, pro Minute 1·8 Millim.
Gelöst „ 5 „ 5 „ „ „ „ 0·33 „

Von nun an störte ein in der Canule abgesetztes Gerinnsel die weitere Beobachtung.

Gehen wir in eine nähere Betrachtung unserer Versuche und deren Resultate ein, so bemerken wir gleich im II. Versuche die ausgesprochene Bestätigung unserer Eingangs erwähnten Ansicht, dass die im Momente der vorgenommenen Blutdrucksteigerung gewonnene Lymphmenge kein richtiger Massstab für die während dieser Zeit wirklich stattgefundene Absonderung werden könne; immer ist es ein Hinaustreiben schon vorhandener Lymphe, welchem das plötzliche Hervorquellen seine Entstehung verdankt. Erst nachher folgt eine ruhige aber vermehrte Strömung. Wir haben daher bei unseren Versuchen jedesmal, wo diese Erscheinung vorgekommen ist, die messende Beobachtung erst nach jener stürmischen Entleerung angefangen, und die zuerst herausgepresste Lymphquantität unberücksichtigt gelassen.

Ich habe mich überzeugt, dass selbst in der Normallymphe des Hundes manchmal vereinzelte Lymphkörperchen vorkamen. Da die aufgefangene Lymphe Gefässen entstammte, welche auf ihrem kurzen Wege vom secernirenden Organe bis zur Canule keinerlei Lymphdrüsen zu passiren hatte, um von dorther ihren Lymphkörperchenvorrath mitzuführen, so kann hier die interessante Frage des

Lymphkügelchenursprunges nur dahin beantwortet werden, dass sie entweder auf irgend eine Weise aus den Blutgefässen ausgetreten, oder ihre Entstehung einer ununterbrochenen kaum merklichen Production in den Organen selbst verdanken. Die productive Thätigkeit, die wir nach unserer anatomischen Erfahrung einzig und allein in den Bindegewebszellen localisiren müssen, haben wir trotz der emsigsten Durchforschung des Hodens, unter normalen Bedingungen nie durch den Augenschein selbst constatiren können. Es ist uns niemals gelungen, an einem gesunden Hoden Bindegewebskerne zu gewahren, die auch nur der Vermuthung Raum liessen, dass sie aus ihrer schmächtigen Stäbchenform in irgend ein Stadium rundlicher Abschnürung einzutreten die Lust hätten, obzwar wir sie nach Reizungszuständen, und das in sehr kurzer Zeit, eine enorme Thätigkeit entfalten gesehen haben. Der gesunde Hoden zeigt sie immer in gleichmässiger Form dünn und glatt, während sie in Folge des geringsten Ausnahmezustandes in merkliche Trübung übergehen. Wenn wir daher das die Lymphwurzeln begrenzende und vielfach durchsetzende collagene Gewebe mit seinen Kernen His's „adenoiden Substanz" gleichsetzen, so geschah dies nur auf Grund pathologisch-experimentaler Abschauung.

Auch das Vorkommen spärlicher Blutkörperchen in der Lymphe solcher Hoden, an denen der Blutdruck experimental erhöht wurde, und deren Anwesenheit nur auf eine gewaltsame Trennung der Gefässwandcontinuität zurückgeführt werden muss, ist insoferne von grösserer Bedeutung, als solche Organe, nachträglich mit gefärbtem Leime injicirt, nicht die mindeste Spur einer vorhergegangenen Gefässzerreissung zu erkennen geben, und man dadurch unwillkürlich auf den Gedanken geleitet wird, dass die gerissene oder auseinander gewichene Gefässwand durch irgend einen später zu Stande gekommenen organischen Kitt neuerdings und zwar dauernd zusammengefügt worden ist. Wir finden uns daher veranlasst, auch das Vorkommen von Lymphzellen in der normalen Hodenlymphe auf derlei Capillarzerreissungen zurückzuführen, um so mehr weil auch Blutzellen vorhanden waren.

Die öftere Wiederholung des Versuches bedingt einen zunehmenden Härtegrad des Hodens. Dass diese vermehrte Consistenz zumal in einer Anschwemmung von Blutkörperchen in die Capillaren, Stase und Zusammenballen derselben an diesen Orten bestehe,

dürfte noch am gerechtfertigtsten erscheinen, ein Zustand, der durch das Entfernen der Ligatur keine gleichzeitige Beseitigung erfährt, und von diesem Augenblicke an keine Resultate einer gewöhnlichen Lymphbildung liefert. Die nächste Folge dieser schwer vorwärts zu bewegenden Massen wird die sein, dass sie für gewisse Bezirke die Bedeutung von Circulationshindernissen erhalten müssen, die selbst nach Lösung der Ligatur eine etwas vermehrte Lymphabsonderung unterhalten, bis mit der zunehmenden Anschoppung des Gefässsystems jeder Unterschied lymphatischer Transsudation aufgehoben, und schliesslich mit dem peripheren Anlegen der Blutkörperchen an die Gefässwand ein gänzlicher Stillstand in der Lymphbildung eintreten wird. Diesen ganzen Vorgang finden wir im Versuche II, *B*, *C* sehr ausgeprägt. Nicht immer setzt aber eine solche Verstopfung der Blutwege mit den geformten Blutbestandtheilen die Unmöglichkeit einer Hinwegräumung dieses Hindernisses voraus, vielmehr scheint die Möglichkeit des Freiwerdens der Blutbahn nur von dem Intensitätsgrade der Anschwemmung abhängig zu sein. Wir sehen z. B. Versuch V, *A* und *B* die Lymphabsonderung wahrscheinlich durch die oben erwähnte Ursache selbst während der Einwirkung eines höheren Blutdruckes stagniren; eine 15 Minuten dauernde ungehinderte Blutströmung hat die Bahn wieder derart freigemacht, dass der Versuch *C* dem Blutdruck neuerdings einen fördernden Einfluss auf die Ausflussmenge der Lymphe auszuüben gestattet.

Tabelle I.

Tabellarische Übersicht der sub *a)* aufgeführten Versuche.

Nummer des Versuchs	Reizung der Nerven	Zustand des Venenlumens	Versuchsdauer	Ganze Lymphmenge in Millim. des Rohres	Lymphe in der Minute
I. *a.*	—	offen	60 Min.	15 Millim.	0·25
b.	—	mässig verengt	61 „	19 „	0·32
c.	—	offen	40 „	0·0 „	0·0
d.	—	„	30 „	8·0 „	0·26
e.	Reizung des Hodens	„	0—8 „	3·0 „	0·26
	„	„	8—16 „	2 „	
	„	„	16—24 „	0 „	
	„	„	24—30 „	3 „	

Nummer des Versuchs	Reizung der Nerven	Zustand des Venenlumens	Versuchsdauer	Ganze Lymphmenge in Millim. des Rohres	Lymphe in der Minute
f.	—	vollständig geschlossen	0—10 M.	8·5 M.	0·85
g.	—	offen	10—20 „	3·5 „	0·30
h.	—	vollständig geschlossen	20—30 „	10·0 „	1·0
II. *a.*	—	offen	15 Min.	24 „	1·60
b.	—	„	15—45 M.	61 „	2·03
c.	—	vollständig geschlossen	10 Min.	60 „	6·00
d.	—	offen	10 „	13 „	1·3
e.	—	verschlossen	10 „	83 „	8·3
f.	—	offen	10 „	30 „	3·0
g.	—	—	10 „	24 „	2·4
h.	—	—	10 „	21 „	2·1
i.	—	verschlossen	10 „	24 „	2·4
k.	—	offen	55 „	19 „	0·35
III. *a.*	—	„	30 „	18 „	0·6
b.	—	mässig verengt	30 „	34 „	1·10
c.	—	offen	60 „	—	—
d.	—	verschlossen	15 „	41 „	2·73
e.	—	offen	15 „	10 „	0·6
f.	—	verschlossen	30 „	24 „	0·8
g.	—	offen	—	—	—
h.	—	verschlossen	23 „	50 „	2·17
i.	—	offen	26 „	21 „	0·80
k.	—	verschlossen	15 „	27 „	1·8
l.	—	offen	—	—	—
m.	—	verschlossen	15 „	9 „	0·6
n.	—	offen	15 „	3 „	0·2
IV. *a.*	—	offen	20 „	16 „	0·8
b.	—	mässig verengt	10 „	19 „	1·9
c.	—	offen	10 „	4 „	0·4
d.	—	verschlossen	10 „	46 „	4·6
e.	—	offen	—	—	—
V. *a.*	—	offen	15 „	35 „	2·3
b.	—	verschlossen	5 „	22 „	4·4
c.	—	offen	5 „	9 „	1·8
d.	—	verschlossen	5 „	9 „	1·8

Nummer des Versuchs	Reizung der Nerven	Zustand des Venenlumens	Versuchsdauer	Ganze Lymphmenge in Millim. des Rohres	Lymphe in der Minute
e.	—	offen	15 Min.	3 Millim.	0·2
f.	—	verschlossen	5 „	20 „	4·0
g.	—	offen	0—5 „	4 „	0·8
		„	0—24 „	22 „	1·15
h.	—	verschlossen	5 „	18 „	3·6
i.	—	offen	5 „	9 „	1·8
k.	—	verschlossen	5 „	16 „	3·2
l.	—	offen	5 „	4 „	0·8
m.	—	verschlossen	5 „	9 „	1·8
n.	—	offen	5 „	5 „	0·33

B. Lymphversuche bei Abschwächung des ganzen Blutstromes durch Herzaufblasen.

Wenn wir in der bisherigen Versuchsreihe den Einfluss der Blutdrucksteigerung auf die Lymphbildung einer näheren Beobachtung unterzogen haben, so versetzen uns die folgenden Versuche in die Lage, die Einwirkung des niedrigen Blutdruckes auf die Lymphabsonderung zu constatiren, unsere früheren Angaben zu ergänzen und zu controliren.

Zur Erzielung eines gleichmässigen und durch keinen collateralen Ersatz wieder aufgehobenen Sinkens des Blutdruckes im Arterienrohre diente uns die von Prof. Ludwig angegebene und auch schon von Einbrodt [1]) benützte Methode: Das Aufblasen einer in den rechten Vorhof eingeführten Harnblase.

Die Blase, eine Harnblase von Kaninchen oder kleinen Hunden wird an dem Ende eines dünnen Metallrohres befestigt, und in einen weiten geraden Katheter eingehülst, durch die *Ven. jugul. externa* und die obere Hohlvene in den rechten Vorhof gebracht, dort aus dem Metallrohre vorgeschoben und aufgeblasen. Sie füllt auf diese Art das Atrium meist vollkommen aus, und unterdrückt jeden ferneren venösen Zufluss zum Herzen. Ja, sie ragt in den meisten Fällen sogar noch etwas in die rechte Kammer hinein, indem sich ihre Kuppe

[1]) Sitzungsberichte. 40. Bd. S. 370.

durch das *Ostium venosum* vorschiebt, und von den Zipfelklappen und deren Sehnen fast umstrickt wird.

Mit der Ausdehnung der Blase sinkt der Blutdruck in der Arterie fast augenblicklich und rasch, erhält sich bei vollständiger Beherrschung des Vorhofes auch constant in seinem Minderwerthe, um mit dem Collapsus der Herzblase eben so rasch und meist noch auf eine grössere Höhe zu steigen als er früher eingenommen. Während des Versuches wurden der arterielle und venöse Blutdruck graphisch dargestellt, und ihr mittlerer Werth nach der bekannten Methode in Hgmm. berechnet.

Ich muss hier auf das sehr häufige Misslingen dieser Versuche aufmerksam machen. Ein grosser Übelstand ist nämlich der frühzeitige Tod der Thiere, welcher sich binnen 3—4 Minuten nach dem Aufblasen einstellt, und auf den Versuch sowohl durch die kurz bemessene Beobachtungszeit als auch durch den Todeskrampf in hohem Grade störend wirkt. Die Ursache dieser Unzukömmlichkeiten liegt in der bisherigen primitiven Construction unseres Apparates, in dem Umstande, dass der Blutdruck nicht nach Belieben regulirt werden kann. Dem Aufblasen folgt ein vollständiges Absperren des Herzens von der Blutmasse, eine absolute Blutarmuth in den Capillaren. Soll demnach diese Methode, welche noch für eine grosse Reihe anderer physiologischer Fragen von der grössten Bedeutung werden müsste, eine allgemeinere Anwendung erlangen, so müsste der Apparat auf eine solche Art verbessert werden, dass durch eine angebrachte Ventilation das Einströmen von einer gewissen, beliebig bestimmten Blutquantität in das Herz ermöglicht, und statt der Unterdrückung vielmehr eine gradative Abschwächung des arteriellen Blutdruckes für eine längere Zeitdauer gewonnen würde.

Zur Bestimmung des mittleren arteriellen Seitendruckes wurde in den meisten Fällen eine Carotis, manchmal auch die Cruralis gewählt, die Höhe des venösen Seitendruckes schrieb die *Vena fac. ant.* unmittelbar vor ihrer Anastomose mit der *Temporal. superfic.* Wir benützten absichtlich die kleineren Venen zur Verzeichnung des venösen Druckes, um wo möglich dem Capillarbezirke und den Venenanfängen näher zu sein.

Durch die Anwendung der Herzblase ist die Möglichkeit geboten, die Lymphe auch aus ganzen Körpertheilen zu sammeln, da mit dem Aufblasen der Gesammtblutstrom auf einem ziemlich

gleichmässigen niedrigen Werthe erhalten wird. Wir wählten desshalb den Halslymphstrom, und dehnten den Versuch auch auf das frühere Object, den Samenstrang aus. Überall entsprach das Ergebniss der Versuche unseren Erwartungen, allenthalben stand die Lymphbildung im quantitativen Verhältnisse zum Sinken des Blutdruckes.

Bevor wir die speciellen Angaben unserer Versuche näher verzeichnen, erscheint es unumgänglich nothwendig, die durch Anwendung des Circulationshindernisses eingeleiteten Unterschiede zwischen dem arteriellen und venösen Blutdrucke schärfer zu formuliren, und namentlich darauf hinzuweisen, dass unser Eingriff in der That ein Sinken des Blutdruckes im arteriellen und Capillarsystem zur Folge hatte. *A priori* könnte man sich veranlasst fühlen, der Vermuthung einer compensirenden Capillar-Hyperämie Raum zu geben. Es wäre denkbar, dass einerseits die durch den verlangsamten arteriellen Blutstrom in den Capillaren angestauten, als gesteigerte Circulationswiderstände fungirenden Blut- und Lymphkörperchen eine Spannungszunahme innerhalb der Capillargefässe begünstigen könnte; allein das Experiment sowohl als die Beobachtung von Capillarblutungen aus den Schnittwunden solcher unter dem Einflusse der expandirten Herzblase stehenden Thiere liefern die Überzeugung einer der Obturationsdauer des rechten Vorhofes entsprechenden capillaren Blutarmuth.

Nachstehende Zifferwerthe in Hgmm., welche die jeweiligen Unterschiede der arteriellen und venösen Seitendrücke während eines solchen Versuches mit der Herzblase specificiren, mögen dieses Verhalten besser veranschaulichen:

Den Blutdruck in der Arterie zeichnet die Carotis, den venösen Seitendruck die *Ven. fac. ant.*

A.

Normaler arterieller Blutdruck	136·9	Hgmm.
„ venöser „	12·6	„
Während der Hemmung in der Arterie	25·7	„
Gleichzeitig in der Vene	17·7	„

B.

Arterieller Blutdruck bei freier Circulation . . .	110·0	Hgmm.
Venöser „ „ „ „ . . .	6·4	„
Arterieller „ während der Hemmung .	18·4	„
Venöser „ „ „ „ . .	19·1	„

C.

Arterieller Blutdruck bei freier Circulation . . .								105·8	Hgmm.
Venöser	„	„	„	„	. . .			7·6	„
Arterieller	„	während der Hemmung . .						27·2	„
Venöser	„	„	„	„	. . .			12·7	„
Arterieller	„	„	„	„	. . .			57·1	„
Venöser	„	„	„	„	. . .			11·9	„

Bei der Vergleichung der identischen Abscissenpunkten entsprechenden arteriellen und venösen Blutcurven erscheint in Folge des Abschlusses des rechten Vorhofes die Steigerung des venösen Seitendruckes jedesmal wie ein Vorschlag zu dem nachträglichen Sinken der arteriellen Blutdruckcurve. Erstere nimmt auch ununterbrochen aber in kaum wahrnehmbarer Weise zu, nur die jedesmalige, während des Aufblasens sehr tiefe Respiration lässt die Curve plötzlich eine Steigung machen und in derselben verharren, bis die nächste Athmung ein neuerliches Heben bewirkt.

1. Versuch.

Bei einem grossen Hunde wurde die Lymphe auf dieselbe Weise wie in den früheren Versuchen aus dem rechten Halsstamme in ein Glasröhrchen aufgefangen.

A.

		Beobachtungszeit		Lymphmenge		
Normaler Blutdruck in der linken Carotis	91·2 Hgmm.	5 Minuten	42 Millim.	= 8·4	Millim. pro Minute.	
Blutdruck nach Aufblasen der Herzblase	52·7 Hgmm.	5 „	36 „	= 7·2	„	„ „

B.

		Beobachtungszeit		Lymphmenge		
Freie Circulation	98·5 Hgmm.	5 Minuten	57	Millim. = 11·3	Millim. pro Minute.	
		5 „	56			
Gehemmte Circulation	15·4 „	3 „	0·5 „			

Wegen eingetretener Ohnmacht konnte keine längere Beobachtungszeit gewählt werden.

C.

		Beobachtungszeit		Lymphmenge		
Freie Circulation	57·7 Hgmm.	2 Minuten	35 Millim.	= 17·5	Millim. pro Minute.	
Hemmung	8·5 „	3 „	7 „	= 2·0	„	„ „
Nach hierauf entfernter Herzblase	79·2 Hgmm.	3 „	51 „	= 10·2	„	„ „

2. Versuch.

Die Messung der unter normalen Bedingungen entleerten und bei gesunkenem arteriellen Blutdruck gewonnenen Lymphe wie im vorigen Falle.

Normalbeobachtung:		Beobachtungszeit	Lymphmenge
Blutdruck	78·4 Hgmm.	3·5 Minuten	150 Millim.
		5 „	165 „
		8·5 „	315 Millim. = 37·0 Millim. pro Min.

Die Lymphmenge dürfte eine künstlich vermehrte sein, da vom Anfange her durch längere Zeit in Folge eines Gerinnsels im Lymphrohre der Ausfluss gehemmt war, und somit eine Anstauung vorangegangen war.

Hemmung durch Aufblasen der Herzblase:		Beobachtungszeit	Lymphmenge
Blutdruck	49·9 Hgmm.	10 Minuten	62 Millim. = 6·2 Millim. pro Minute

Das Thier wird leblos, erholt sich jedoch wieder und gibt bei freier Circulation

in 5 Minuten 70 Millim. Lymphe = 14·0 Millim. pro Minute.

3. Versuch.

Der linke Halslymphstamm dient zum Messen der Lymphsecretion; die linksseitige *Art. cruralis* bestimmt den Blutdruck.

A.

Normalbeobachtung am Anfange:		Beobachtungszeit	Lymphmenge
Blutdruck	126·5 Hgmm.	3 Minuten	168 Millim. = 18·0 Millim. pro Min.
Normalbeobachtung 2 Stunden nachher:			
Blutdruck	126·5 Hgmm.	10 „	118 „ = 11·8 „ „ „
Sinken des art. Blutdruckes durch Anwendung der Herzblase	104·9 Hgmm.	10 „	80 „ = 8·0 „ „ „

Auf das Aufblasen folgen sehr rasche Herzbewegungen, der Puls hört in der Cruralis momentan auf, wird jedoch nach mehrmaligen tiefen Athemzügen wieder deutlicher. Die Lymphsäule im Glasrohre zeigt während der Circulationshemmung anfänglich ein ziemlich unverändertes Vorwärtsbewegen, später eine zunehmende Trägheit, schliesslich völliger Stillstand. Die Capillarblutung in der Schnittwunde hört während der Hemmungsphase vollkommen auf, stellt

sich jedoch gleich wieder ein, wie das Herz für den Blutstrom wegsam gemacht wird.

B.

		Beobachtungszeit	Lymphmenge
Beobachtung bei ungehindertem Blutstrome:			
Blutdruck	125·1 Hgmm.	10 Minuten	113 Millim. = 11·3 Millim. pro Min.
Hemmungsbeobachtung			
Blutdruck	103·4 Hgmm.	10 „	95 „ = 9·5 „ „ „

C.

		Beobachtungszeit	Lymphmenge
Normalbeobachtung			
Blutdruck	113·6 Hgmm.	10 Minuten	60 Millim. = 6·0 Millim. pro Min.
Beobachtung bei niedrigem			
Blutdruck	95·8 Hgmm.	10 „	18 „ = 1·8 „ „ „

D.

		Beobachtungszeit	Lymphmenge
Normalbeobachtung			
Blutdruck	119·2 Hgmm.	10 Minuten	60 Millim. = 6·0 Millim. pro Min.
Hemmung während d. Sinkens			
Blutdruck	88·8 Hgmm.	3 „	71 „ = 23·6 „ „
Hemmung tiefster Stand			
Nachherige Normalsecretion		3 „	55 „ = 18·3 „ „

Die letzte Hemmungszeit lieferte unverhältnissmässig viel Lymphe, eine Beobachtung, die ganz im Gegensatze zu dem gewöhnlichen Resultate steht, aber doch auch nicht ganz selten mit unterläuft. Die Erklärung gab im speciellen Falle die directe Beobachtung selbst; es trat nämlich zu Ende der obigen 3 Minuten langen Hemmungszeit eine äusserst heftige Ohnmachtsstreckung ein, die das gemessene Lymphquantum gewaltsam in die Gefässe presste und hinausstiess, denn zu Anfang gewahrte man ein sichtlich träges Vorwärtsschieben der Lymphsäule, und erst die Ohnmachtskrämpfe liessen den Zuwachs nachträglich vorstürzen.

4. Versuch.

An einem Hunde von mittlerer Grösse wurde nebst der Lymphabsonderung der gleichzeitige arterielle und venöse Blutdruck gemessen.

A.

	Art. Blutdr.	Venendruck	Beobachtungszeit	Lymphmenge in Millim.
Normalbeobachtung	76·0	6·8 Hgmm.	9 Minuten	137 = 15·2 p. M.
Hemmung	9·2	8·8 „	3 „	
Nach Entfernung der Herzblase stieg d. Seitendruck auf	88·9	7·9 „		

die Lymphabsonderung stellte sich neuerdings und in namhaft grösserer Quantität ein als bei der Normalbeobachtung, ihr Zifferwerth wurde jedoch durch Zufall nicht notirt.

B.

	Art. Blutdr.	Venendruck	Beobachtungszeit		Lymphmenge in Millim.
Normalbeobachtung	90·9	7·0 Hgmm.	10	Minuten	108 = 10·8 p. M.
Hemmung	11·7	7·5 „	3	„	0
Nach d. Entfernung d. Blase	61·2	7·4 „	3	„	199 = 33·3 „ „
Krampfhaftes Respirium			5	„	85 = 17·0 „ „
			5	„	35 = 7·0 „ „

Der Tod des Thieres während der nächsten Versuche machte der ferneren Beobachtung ein Ende.

Ähnliche Resultate erzielte ich noch bei mehreren anderen Versuchen, namentlich auch dann, wo die Hodenlymphe neuerdings zum Versuchsobjecte gewählt wurde. Ich stehe jedoch von der speciellen Aufzeichnung derselben ab, weil die einzelnen Beobachtungen das bisher Angeführte blos bestätigen, keineswegs aber durch neue Wahrnehmungen bereichern.

Wir begegnen im Verlaufe dieser Versuche einer beinahe constanten Erscheinung, die sich dahin äussert, dass der arterielle Blutdruck nach Beseitigung der Herzblase einen höheren mittleren Werth einnimmt, und auch für einige Zeit in demselben ausharrt, als die Normalspannung beträgt, die noch vor dem Eingriffe in den Arterien gemessen wurde. Diese Beobachtung findet ihre Deutung in der verschiedenen Eigenschwere der Blutbestandtheile, die sich mit dem Aufhören der *vis a tergo* in verschiedener Weise zu den Gefässwandungen verhalten werden, worauf schon Brücke hingewiesen. Die während der arteriellen Unthätigkeit zu Boden gesunkenen Blutkörperchen häufen sich zu jenen Hindernissen, die bis zu ihrer endlichen Abschwemmung während des neu eingeleiteten arteriellen Blutstromes eine höhere Spannung in den Arterien bedingen. Dieser Umstand dehnt seine Consequenzen auch auf die Lymphabsonderung aus, wie uns ein Blick auf die sofortige Accelleration der Lymphsäule in unserem Glasrohre während dieser Epoche belehrt.

Es ist beinahe eine stabile Beobachtung, dass die expandirte Herzblase den Lymphstrom sistirt, während der auf ihre Beseitigung rasch gestiegene Blutdruck einen plötzlichen Fluss der Lymphflüssigkeit erweckt, welcher erst wieder allmählich mit dem Sinken des arteriellen Seitendruckes auf den Normalwerth im Abnehmen ist.

Auch ist es nicht selten, dass sich die Lymphe selbst nach dem Tode des Thieres noch einige Zeit, und zwar so lange im Flusse erhält, bis das Herz seine Arbeit eingestellt hat. In solchen Fällen übernehmen die Muskelfasern, die mit dem eintretenden Hirntod ihre unregelmässigen krampfhaften Zuckungen beginnen, die Fortschaffung der in den Bindegewebsräumen und Gefässen vorräthigen Flüssigkeit. Die Bewegung der Lymphe ist jedoch nur anfänglich während der ersten Ohnmachtsstreckungen eine erheblichere, sinkt alsbald und stockt in kurzer Zeit völlig.

Tabelle II.

Tabellarische Übersicht der bei Abschwächung des ganzen Blutstromes angestellten Versuche.

Nummer des Versuchs	Zustand des K.-Vorhofes	Versuchsdauer	Ganze Lymphmenge in Millim. des Rohres	Lymphe in der Minute	Arterieller Blutdruck in Hgmm.	Venöser Blutdruck in Hgmm.
I. *a.*	offen	5 Min.	42 Millim.	8·4	91·2	—
b.	aufgeblasen	5 „	36 „	7·2	52·7	—
c.	offen	0—5 „	57 „	11·3	98·5	—
		5—10 „	56 „			
d.	aufgeblasen	3 „	0·5 „	—	15·4	—
e.	offen	2 „	35 „	17·5	57·7	—
f.	aufgeblasen	3 „	6 „	2·0	8·5	—
g.	offen	5 „	51 „	10·2	79·2	—
II. *a.*	„	0—3·5 M.	150 „	37·0	78·4	—
		3·5—8·5 „	165 „			
b.	aufgeblasen	10 Min.	62 „	6·2	49·9	—
c.	offen	5 „	70 „	14·0	—	—
III. *a.*	„	3 „	168 „	18·0	126·5	—
b.	„ 2 Stunden nachher	10 „	118 „	11·8	—	—

Nummer des Versuchs	Zustand des K.-Vorhofes	Versuchsdauer	Ganze Lymphmenge in Millim. des Rohres	Lymphe in der Minute	Arterieller Blutdruck in Hgmm.	Venöser Blutdruck in Hgmm.
c.	aufgeblasen	10 Min.	80 Millim.	8·0	104·9	—
d.	offen	10 „	113 „	11·3	125·1	—
e.	aufgeblasen	10 „	95 „	9·5	103·4	—
f.	offen	10 „	60 „	6·0	113·9	—
g.	aufgeblasen	10 „	18 „	1·8	95·8	—
h.	offen	10 „	60 „	6·0	119·2	—
i.	aufgeblasen	3 „	71 „	23·6	88·8 42·1	Convulsionen
k.	offen	3 „	55 „	18·2	—	
IV. *a.*	offen	9 „	137 „	15·2	76·0	6·8
b.	aufgeblasen	3 „	—	—	9·2	8·8
c.	offen	nicht notirt, jedoch reichliche L.			88·9	7·9
d.	„	10 Min.	108 Millim.	10·8	90·9	7·0
e.	aufgeblasen	3 „	—	—	11·7	7·5
f.	offen	0—3 „	100 „	33·3	61·2	7·4
		3—8 „	85 „	17·0		
		8—13 „	35 „	7·0		

C. Nachweis der Übereinstimmung der Filtrationsflüssigkeit mit der Lymphe (künstliche Lymphbildung).

Die im Vorhergehenden mitgetheilten Beobachtungen räumen dem Blutdruck einen directen Einfluss auf die Lymphbewegung ein, und es erscheint unbestritten ein der Filtration analoger Vorgang zu interveniren, der, als Product der verschiedenen Blutspannungen wenigstens das Rohmaterial der späteren Lymphe liefert. Von diesem Standpunkte aus betrachtet lag es nicht ferne, Filtrationsversuche mit defibrinirtem Blut oder Blutserum zum Behufe künstlicher Lymphbildung vorzunehmen, und wie der Erfolg zeigte, erwies sich die Voraussetzung im Ganzen begründet. Wir wählten neuerdings den Hoden seiner schon angeführten localen anatomischen Vorzüge wegen zum Versuchsobjecte, und leiteten anfänglich defibrinirtes Blut durch die Hodengefässe, nachdem vorher wie bei den Versuchen am lebenden Thiere eine Canule mit einem Glasrohre zur Aufnahme des Filtrates in ein grösseres Lymphgefäss eingebunden wurde. Das Ganze, die filtrirende Flüssigkeit sowohl als das als Filter dienende Organ wurde in einem mit warmem Wasser gefüllten

Blechkasten einer constanten Temperatur von 42—45° C. ausgesetzt. Das Blut, in ein Glasgefäss gefüllt, wurde mittelst constantem Quecksilberdruck durch den Hoden geleitet; letzteren barg und erhielt zugleich in der entsprechenden Lage ein Glastrichter unter dem gleichmässig erwärmenden Wasserniveau, dessen eine Seitenwand doppelt durchbohrt die Blut- und Lymphgefässwände durchtreten liess, und dessen durch den Boden des Kastens hindurchtretende Spitze den Ausfluss der *Venae spermat.* in ein bereit stehendes Gefäss führte, um ihn nach Bedarf nochmals zu verwerthen.

Obwohl das durchgetriebene Blut bei einem Hg.-Druck von 150 Millim. die Lymphgefässe an der Oberfläche des Hodens jedesmal strotzend gefüllt hatte, ja manchmal die dunkelgelb gefärbte Flüssigkeit aus den Lymphgefässen bis in das Glasrohr hineingedrungen war, so erwies sich die hierdurch gewonnene Menge doch so gering, dass sie zur weiteren Untersuchung nicht verwendbar erschien. Wir gaben daher im Verfolge dieser Versuche das Filtriren von Blut auf, und verwendeten Blutserum zu diesem Zwecke. Diese Veränderung im angewendeten Materiale erzielte günstige Erfolge, denn die Filtration in die Lymphgefässe fand jedesmal Statt.

Was den Druck anbelangt, unter welchem das Blutserum durch den Hoden strömte, so war immer eine beiläufige Höhe von 200 Millim. Hg. nothwendig, um das Filtrat zur Canule hervor in das Glasrohr zu treiben, ein Werth, der den mittleren Seitendruck während des Lebens jedesmal übersteigt. Erhöhte man ihn während des Versuches auf 300 und wohl auch darüber, so bewegte sich die Lymphsäule viel rascher innerhalb der Glasröhre, als je während der Versuche an lebenden Thieren zur Beobachtung gekommen war.

Diese Erscheinung legte die Vermuthung einer Capillar-Apoplexie nahe, und ich muss gestehen, dass mir die Ergebnisse einzelner Versuche, bevor die nachträgliche Injection das intacte Capillarsystem erwiesen hatte, sehr problematisch erschienen. Der Sicherheit wegen unterliess ich daher selbst in ganz klaren Fällen die nachträgliche Injection niemals, ein Vorgang, der den Beweis lieferte, dass ein Druck von 300 Hgmm. für die Continuität der Blutcapillare im Hundehoden noch keineswegs von schlimmen Folgen sei.

1. Versuch.

Das hierzu verwendete Blutserum eines Hundes wurde 48 Stunden nach dem Aderlasse mit einem Heber abgehoben, und auf diese Art 220 CC. desselben gewonnen. Diese Quantität lieferte nach zweistündiger Durchleitung bei 40° C. und 250 Hgmm. Druck = 2·71 Grm. Filtrat, welches vollkommen klar, schwach gelblich gefärbt aus dem Lymphstamm des Samenstranges aufgefangen wurde. Die Flüssigkeit zeigte sich erst dann im Glasrohre, als etwa die Hälfte des Blutserums den Hoden passirt hatte, und zwar bewegte sie sich anfangs ziemlich rasch, später immer langsamer vorwärts.

Das Blutserum enthielt 94·143 Percent Wasser.
Die künstliche Lymphe enthielt 95·5 „ „

2. Versuch.

170 CC. Blutserum wurden 3 Stunden hindurch mit einem sehr geringen Hg.-Drucke durch den Hoden geleitet. Die Lymphgefässe entleerten erst nach längerer Zeit etwas Flüssigkeit, und zwar mit einer sehr geringen Geschwindigkeit, die Farbe des Filtrats unterschied sich kaum von jener des injicirten Blutserums, beide Flüssigkeiten waren hellgelblich und klar. Gewonnen wurden 2·8 Grm. Lymphe.

Percent Wassergehalt des durchfiltrirten Serums 92·392
„ „ „ Filtrates . . . . . 93·5

3. Versuch.

Etwas über 300 Grm. Blutserum ergaben bei 300 Hgmm.-Druck und 39° C. Temperatur 5·893 Grm. künstliche Lymphe.

Percent Wassergehalt im Serum 91·769
6·77
1·289 } Fixa (Asche).
„ „ im Filtrat 92·891
6·12
1·005 } Fixa (Asche).

4. Versuch.

300 Grm. Blutserum wurden bei einem Drucke von 250 Hgmm. zweimal nach einander hindurchgeführt, aber ohne Erfolg. Der Hoden erwies sich bei der nachträglichen anatomischen Untersuchung im Innern narbig, von einer eingekapselten Hämorrhago und kleinen linsengrossen Sarcomen durchsetzt.

Eine zweimalige Durchleitung desselben Serums durch den anderen Hoden bei einem Drucke von 150 Hgmm. erzielte 0·982 Grm. künstlicher Lymphe.

Da das gebrauchte Serum durch das Auswaschen von Blutkörperchen getrübt wurde, so liess man es vor der weiteren Untersuchung durch 24 Stunden luftdicht verschlossen in Eis absetzen.

Die Analyse ergab folgende Percente:

Serum . 92·117 Wasser.
6·492 } Fixa (Asche).
1·387 }

Lymphe 93·991 Wasser.
4·898 } Fixa (Asche).
1·120 }

5. Versuch.

300 Grm. Blutserum wurden bei einem Hgmm.-Druck von 300 durch den Hoden getrieben, und dabei 5·866 Grm. Lymphe gewonnen.

Das verwendete Serum hatte in Percent 91·769 Wasser.
6·770 } Fixa (Asche).
1·289 }

Die Lymphe „ „ „ 92·891 Wasser.
6·120 } Fixa (Asche).
1·005 }

6. Versuch.

300 Grm. Blutserum wurden bei 45° C. und mittelst 150 Hgmm.-Druck zweimal durch den rechten Hoden geleitet, jedoch nur mit dem Erfolg, dass die Lymphgefässe strotzend gefüllt waren.

Dieselbe Quantität Serum benützte man zur Filtration unter denselben Verhältnissen durch den linken Hoden, aber auch da füllten sich die Lymphgefässe prall an, auch trat eine minime Quantität Filtrat zu Ende des Versuchs aus der Canule zum Vorschein, doch zu einer Vorwärtsbewegung im Rohre kam es bei diesem niedrigen Drucke nicht. Man stieg demnach rasch mit dem Hg.-Drucke auf 350—400 Millim., und diese Änderung hatte alsbald einen günstigen Erfolg, denn es wurden 4·876 Grm. klarer, heller Flüssigkeit in das Kölbchen aufgefangen. Die nachträgliche Injection des Hodens zeigte nirgends Extravasate.

Das Serum in Percent 92·21 Wasser
6·261 } Fixa (Asche)
1·528 }
Die Lymphe „ „ 94·339 Wasser
4·368 } Fixa (Asche)
1·292 }

Die erste Frage, deren Beantwortung wir an unsere Zahlen stellen, wird die sein, ob das den Lymphgefässen durch Filtration von Blutserum entstammende Filtrat eine der Normallymphe analoge Zusammensetzung enthalte. Die Beantwortung fällt zustimmend aus. Wenn der Wassergehalt der Blutflüssigkeit im Mittel auf 90—93 Percent gefunden wurde, so beziffert man gewöhnlich jenen der Lymphe von 93—95 Percent, ein Befund, der mit den Ergebnissen unserer Experimente genau übereinstimmt. Der Vergleich der gegenseitigen Percentzahlen lässt so ziemlich den Ausspruch zu, dass die Hindurchleitung von Blutserum in die Lymphgefässe eine Flüssigkeit hineinpresse, die im Mittel um 1—2 Percent mehr Wasser enthalte, auf Kosten ihrer organischen Stoffe. Die unorganischen büssen das ziemlich constante Minimum von 0·2 Percent ein. Berücksichtigt man in letzterer Beziehung die Angaben über die Zusammensetzung der Lymphe, so wird man die Überzeugung gewinnen, dass die procentische Zusammensetzung unseres künstlich gewonnenen Filtrates und der während des Lebens gewonnenen Lymphflüssigkeit sich in ganz gleichen Werthen bewege.

Eine zweite Frage, deren Beantwortung uns zunächst interessiren würde, wäre die, ob die Verschiedenheit der bei dem Durchpressen des Blutserums durch den Hoden angewandten Drücke Veränderungen in der quantitativen Zusammensetzung des Filtrates erzeugt, ob vielleicht anfänglich nur der Wassergehalt im Zunehmen begriffen sei, ob nicht vielleicht mit der erhöhten Spannung der Gefässwandungen, der Änderung des Porenausmasses in ihnen, auch ein vermehrtes Hindurchtreten der Eiweisslösung des Blutplasma ermöglicht werde. In letzterer Beziehung scheint unsere Vermuthung durch die Versuchszahlen Bestätigung zu finden, denn während wir noch bei 150 Hgmm.-Druck eine Abnahme der organischen Stoffe um 2 Percent wahrnehmen (Versuch 4), steigert sich im Versuch 3 und 5 mit der doppelten Druckhöhe der Percentgehalt der brennbaren Fixa um den früheren Verlustbetrag. Freilich zeigt uns der Versuch 6 die Mangelhaftigkeit irgend welcher positiven

Schlussfolgerungen aus den eben besprochenen Angaben der in diesem Falle trotz eines Druckes von 350—400 Hgmm. die organischen Bestandtheile des Filtrates dennoch ein Minus von 2 Percent gegen den Gehalt der Eiweisskörper des Blutplasmas aufzuweisen haben; wir müssen aber nicht vergessen, dass in diesem Falle ein mässiger Druck von Hgmm., der an manchem früheren Organe ziemlich reichliches Filtrat lieferte, keine erhebliche Menge in die Lymphgefässe zu treiben vermochte. Es kann übrigens häufig vorkommen, dass die Transsudation nebst dem Durchtritte aus der Gefässwand noch so manche andere Hindernisse zu bewältigen haben wird, wie uns die anatomische Untersuchung vom Hoden mit mässiger Bindegewebssklerose belehrt hat.

Die Abhängigkeit der qualitativen Änderungen der Lymphe von den jeweilig wirkenden Blutdrücken suchte ich an Lebenden zu constatiren. Die Änderungen des Blutdruckes sollte neuerdings die Herzblase veranlassen. Leider verfolgte mich das Unglück gerade bei dieser so wichtigen Versuchsreihe, die meisten Versuche konnten durch den plötzlichen Tod des verwendeten Thieres nicht verwerthet werden, und so blieben nur zwei halbwegs zu berücksichtigende Fälle übrig, die ich im Nachfolgenden verzeichne.

1. Versuch.

Bei einem grossen, narkotisirten Hunde wurde die Lymphe aus beiden Halsstämmen in Kölbchen aufgefangen.

Normallymphe:

In 30 Minuten betrug der Ausfluss 2·744 Grm., pro Minute 0·1 Grm.

Die Percent-Zusammensetzung 94·314 Wasser,
4·884 organische Bestandtheile,
0·801 Asche.

Zur Herabsetzung des Blutdruckes verwendete man die Herzblase. Die in Folge des Aufblasens der Herzblase stattgefundene zweimalige Hemmung hatte eine ziemlich lange Zwischenzeit normaler Lymphbildung, so zwar, dass bei einer Versuchsdauer von 35 Minuten 10 Minuten auf die Hemmungszeit, die übrigen 25 Minuten auf die zwischenliegende Erholung gesetzt werden müssen. Das Resultat ist auch dem entsprechend von kaum nennenswerthem Belange, man beobachtet eine minimale

Abnahme der Lymphmenge und der organischen Bestandtheil im Percentgehalte.

In 35 Minuten 2·816 Grm. Lymphe, pro Minute 0·08 Grm.
In Percent 94·531 Aqua,
4·580 organische Bestandtheile,
0·887 Asche.

2. Versuch.

Die Lymphe wird aus beiden Halsstämmen gewonnen.

Normalbeobachtung:

30 Minuten liefern 5·426 Grm. Lymphe, pro Minute 0·18 Grm.

Zusammensetzung in Percent 93·936 Aqua,
5·16 organische Bestandtheile,
0·903 Asche.

Das Aufblasen hatte keinen vollständigen Abschluss des rechten Vorhofes im Gefolge; es trat nämlich ein sehr schneller kleiner Puls ein, auch kam es während der ganzen Beobachtungszeit zu keiner Ohnmacht. Die Wunden zeigten eine mässige capillare Blutung.

In 85 Minuten wurden 3·585 Grm. Lymphe gewonnen, pro Minute 0·04 Grm.

Zusammensetzung in Percent 94·449 Aqua,
4·658 organische Bestandtheile,
0·892 Asche.

Als man nun die Blase aus dem Herzen entfernen wollte, platzte sie in Folge unvollkommener Luftentleerung beim Einschieben in den Katheter, und es kam zu einem Lufteintritt in's Herzcavum, dessen Folgen unter bedeutenden Convulsionen dem Leben des Thieres ein Ende machten. Dieser Zustand presste eine grössere Quantität der in den Gewebsräumen noch angesammelten Lymphe in die Kölbchen, und zwar betrug der Gewinn

3·887 Grm. Lymphe, pro Minute 0·26.
Die geometrische Zusammensetzung 94·983 Aqua,
3·91 organische Bestandtheile,
1·08 Asche.

Wenn wir uns aus den letzten zwei vereinzelten zwei Versuchen in eine directe Schlussfolgerung einlassen dürften, dann fänden wir einen ähnlichen Erfolg betreffs der organischen Bestandtheile, wie wir ihn aus unseren Druckversuchen abgeleitet haben. Der sinkende

Blutdruck zeigt auf einen Ausfall der organischen Lymphbestandtheile in Percenten, und werden letztere theils durch den grösseren Wassergehalt, theils durch eine obwohl äusserst geringe, in beiden Versuchen jedoch wiederkehrende Zunahme von Salzen in der Lymphflüssigkeit compensirt.

Tabellarische Übersicht der Versuche über künstliche Lymphbildung.

Nummer des Versuchs	Menge des filtrirten Blutserums	Filtrations-Druck in Hgmm.	Menge der künstlichen Lymphe in Grammen	Percent-Zusammensetzung des Blutserums	Percent-Zusammensetzung der künstlichen Lymphe
1.	220 CC.	250	2·71	94·143 Perc. Aq.	95·5 Perc. Aq.
2.	170 „	sehr niedrig	2·8	92·39	93·5
3.	300 „	300	5·893	91·769 Aq. 6·77 org. Bstdthle. 1·289 Asche	92·891 Aq. 6·12 org. Bstdthle. 1·008 Asche
4.	300 Grm.	150	0·982	92·117 Aq. 6·492 org. Bstdthle. 1·387 Asche	93·991 Aq. 4·898 org. Bstdthle. 1·120 Asche
5.	300 „	300	5·866	91·769 Aq. 6·770 org. Bstdthle. 1·289 Asche	92·891 Aq. 6·120 org. Bstdthle. 1·005 Asche
6.	300 „	300	4·876	92·21 Aq. 6·261 org. Bstdthle. 1·528 Asche	94·339 Aq. 4·364 org. Bstdthle. 1·292 Asche

D. Nachweis, dass sich das Ödem in die Lymphgefässe entleert.

Noch lange bevor es uns gelungen war, die Anfänge der Lymphgefässe in den Bindegewebslücken und ihren Verästelungen durch unmittelbare Injection dieser Räume nachzuweisen, beschäftigte ich mich, gleichsam mit dem experimentalen Nachweise dieser anatomischen Thatsache, mit der Frage des Zusammenhanges zwischen Lymphgefässanfängen und localem Ödem. Die Veranlassung hierzu gab die von Prof. Ludwig constatirte Erscheinung eines rasch auftretenden Ödems in der bindegewebigen Niereńhülle nach Unterbindung des Ureters. Die hydraulischen Verhältnisse der Blutgefässe sind an diesem Orte für eine permanente Filtrationsarbeit eingerichtet; wird der Abfluss des Secretes durch die

Unterbindung des Ausführungsganges behindert, so verursacht die Anstauung des Harncanälcheninhaltes eine venöse Blutüberfüllung in der Organperipherie, deren sichtbares Merkmal die berührte Schwellung der Nierenumgebung ausmacht. Die Bindegewebslücken dieser Gegend sind dann strotzend mit Flüssigkeit erfüllt, und die von eben daher ableitenden Lymphgefässstämme strotzen von Inhalt.

Ein solches künstliches Ödem an irgend einem mit wo möglich selbständigen Kreislaufe versehenen Körpertheile zu erzeugen, zu beherrschen und die Lymphabsonderung mit diesem Zustande in eine geregelte Wechselwirkung zu bringen, dies war die Aufgabe der experimentellen Arbeit. Lieferte das Ergebniss unseres Versuches den Beweis, dass eine Steigerung des Blutdruckes in Folge Behinderung des venösen Abflusses die Bildung eines Ödems begünstige, und bei voller Wegsamkeit der örtlichen Lymphströme durch einen ausgeübten Druck auf die geschwollene Region ein plötzliches Hervorschiessen der Lymphe bewirkt werde, so ward gleichzeitig die Ansicht der *sensu strictiori* gemeinten Lymphsecretion sammt dem zwischen die geschlossene Blut- und Lymphgefässsysteme eingeschobenen Ernährungsflüssigkeitsterrain und diesem Bilde künstlich zur Seite stehenden theoretischen Calcul über hemmende Druckdifferenzen des Lymphfluidums auf die intermediäre „Ernährungsflüssigkeit" zum Wanken gebracht. Es wurde die Scheidewand, welche die Ernährungsflüssigkeit von dem Inhalte des Lymphgefässanfanges trennte, urplötzlich hinweggezogen, denn die Compression des Ödems hätte doch den Eigendruck der Ernährungsflüssigkeit auf jeden Fall so potenciren müssen, dass etwaige, frei von jener Flüssigkeit umspülte, wie immer geartete Lymphgefässanfänge nothwendiger Weise zusammengedrückt werden müssten. Liess jedoch der Druck auf die geschwollene Partie eine grössere Menge Lymphe aus den Lymphgefässen hervorquellen, wurde er unter jeder Bedingung trotz der unregelmässigen Beschaffenheit der Lymphbehälter zum Bewegungsmittel für den Lymphausfluss, so war auf experimentellem Wege eine directe Communication der sogenannten Ernährungsflüssigkeit mit dem Lymphgefässbezirke constatirt.

Zum Versuche wählten wir die Hundeschnauze, und zwar die Oberlippe derselben. Diese Gegend besitzt eine Blutbahn, die man mit

grosser Sicherheit beherrschen und zu reguliren vermag. Die arterielle Zufuhr zu diesem Orte geschieht nämlich auf zweierlei Wegen, einmal durch die *Art. maxill. externa*, das andere Mal und zwar vorherrschend mittelst der *Art. infraorbitalis*. Die Abfuhr vermittelt abgesehen von den seitlichen Abzügen vorwaltend die *Vena facialis ant.*, und dieses so empfindlich, dass eine jede Compression dieses Gefässes sehr bald und mitunter ein massenhaftes Ödem bewirkt. Die Hemmung des venösen Abflusses ist am sichersten durch eine Abschnürung der Schnauze zu bewerkstelligen. Die Binde muss jedoch so angelegt werden, dass sie oberhalb des *Foramen infraorbitale* angepasst wird, denn nur so ist der arterielle Hauptzufluss gesichert. Etwas mühseliger ist das Aufsuchen, Isoliren und Einbinden der Lymphgefässe. Letztere ziehen längs der Oberlippe in der Nachbarschaft der *Vena fac.* gegen den äusseren Mundwinkel quer zum Unterkieferwinkel herab, um sich da in eine oder mehrere Lymphdrüsen einzusenken. Es sind meist mehrere Stämme, die sich mit in die Oberlippe gleich unter dem Hautmuskel verfolgen lassen, dann sich aber plötzlich in die Tiefe zur Schleimhaut wenden, und in zahlreichere Äste zerfallen.

Durch die Zubindung der Schnauze wurden mit der Vene zugleich auch das Lymphgefäss gedrückt; es konnte sich daher aus diesem Grunde während der Schwellung keine Lymphe entleeren. Ich verzeichne hier, um unnöthige Wiederholungen zu ersparen, die Angaben einiger weniger Versuche.

1. Versuch.

Einem sehr starken alten Hunde wurde vor der Aufsuchung des Facial-Lymphgefässes der linksseitige Halsstamm unterbunden. Nach Aufsuchung der auf dieser Seite gelegenen Unterkiefer-Lymphdrüse benützte man das grösste der *Vasa afferentia* zur Einführung der Canule, nachdem an den übrigen die Unterbindung jeden seitlichen Abfluss unmöglich machte. Während eines einstündigen Sammelns stand die Lymphsäule in unserem Glasrohr auf

21 Millim. = 0·35 pro Minute.

Die nächste Stunde lang benützte man zum Hervorrufen von Ödem durch Abbinden der Schnauze, der Lymphstand blieb unverrückt. Auf das Lösen der Schnauzenbinden bemerkte man sogleich

				eine	Zunahme	von	7	Millim.	
die	nächstfolgende	erste	Minute	„	„	„	19	„	
„	nächstfolgenden	12	Minuten	„	„	„	7	„	
„	„	9	„	„	„	„	10	„ *	
„	„	23	„	„	„	„	8	„	
„	„	15	„	„	„	„	12	„ *	
		60	„	„	„	„	63	Millim.	= 1·05 p. M.

Bei * wurde auf den Lippenrand ein leichter Fingerdruck geübt.

2. Versuch.

Auf dieselbe Art wie im vorigen Falle wurde aus einem kleinen Facial-Lymphgefäss gesammelt und nach

2 Stunden eine Lymphsäule von 25 Millim. gewonnen = 0·208 Millim. pro Min.

Die nächsten 60 Minuten wurden zur Ödembildung benützt, und es entleerte sich in dieser Zeit eine

11 Millim. haltende Lymphmenge = 0·183 Millim. pro Minute.

Auf die Lösung des Ödems gaben

die nächsten 15 Minuten 16 Millim. Lymphzuwachs = 1·066 pro Minute,
„ folgenden 15 „ 3 „ „ = 0·2 „ „

3. Versuch.

Man suchte an einem grossen narkotisirten Hunde auf der linken Gesichtshälfte 2 Lymphgefässe auf, und zwar einen Temporalstamm und den Facial-Hauptstamm. Die sonstigen ableitenden Anastomosen wurden sorgfältig abgebunden.

Ein 30 Minuten langes Auffangen ergab

beim Facialgefäss 127 Millim. Lymphe = 4·235 pro Minute,
„ Temporalgefäss 9 „ „

Letzteres wurde seiner geringfügigen Leistung wegen unterbunden, nicht mehr berücksichtigt, und am Facialgefäss einzig und allein die Beobachtung fortgesetzt.

Die Reizung eines Facial-Astes von *N. auriculo temporalis* erregte heftige Schmerzesäusserungen, jedoch ohne Einfluss auf die Lymphabsonderung.

Um $12^h\ 15^m$ wurde mit der Facial-Reizung begonnen, und damit in genauen Intervallen von je 3 Minuten fortgesetzt.

1 Reizung	3	Minuten	17	Millim.	Lymphe	= 5·66 pro Minute.
1 Ruhe	3	„	2	„	„	= 0·66 „ „
2 Reizung	3	„	14	„	„	= 4·6 „ „
2 Ruhe	3	„	2	„	„	= 0·6 „ „
3 Reizung	3	„	13·5	„	„	= 4·5 „ „

Ödembildung durch Zuschnüren der Schnauze

die Dauer 90 Minuten — mässige Anschwellung.

Auf das Loslösen der Schnur gaben

die ersten 15 Minuten 98 Millim. Lymphe = 6·533 pro Minute.

Nach einer Pause von 30 Minuten, in welcher der Lymphausfluss bis unter den Normalwerth gesunken war, durchschnitt man den vereinigten Vagus und Sympathicus auf der Versuchsseite, worauf

die nächsten 15 Minuten 24 Millim. Lymphe lieferten = 1·6 pro Minute.

Darauf wurde zur Reizung eines Facialzweiges geschritten, die Reizung sowohl als der jedesmalige Ruhezustand hatten eine Dauer von 15 Minuten.

1 Reizung	27	Millim.	Lymphe	= 1·8	pro Minute.
1 Ruhe	3	„	„	= 0·2	„ „
2 Reizung	17	„	„	= 1·13	„ „
2 Ruhe	7	„	„	= 0·46	„ „
3 Reizung	26	„	„	= 1·73	„ „
3 Ruhe	17	„	„	= 1·13	„ „

Die Oberlippe füllte sich jedoch trotzdem noch praller an, die durch letztere Reizungen erzielten Contractionen äusserten ihre Wirkungen nur an umschriebenen Stellen. Zur Erzielung eines Totaleffectes wurde die Reizung so eingeleitet, dass die Elektroden in das Lippenfleisch eingestochen wurden, und zwar der eine Pol in der *Fossa canina*, der andere in der Übergangsstelle der äusseren Decke in die Lippenschleimhaut. Unter Schmerzäusserungen in heftigen Muskelcontractionen ergab diese Reizung

in 15 Minuten 140 Millim. Lymphe = 9·2 Millim. pro Minute.

Ähnliche Resultate bewirkt das künstliche Hodenödem. Jedesmal beobachtet man in ödematösen Zuständen eine vehementere Lymphsecretion, welche wohl nach unseren oben gemachten Erfahrungen auf die im gehemmten venösen Abflusse begründete höhere Blutspannung in den Gefässen zurückzuführen ist. Vergleicht man nämlich die Quantität der Ödem-Lymphe mit jener in einer gleichen Zeiteinheit gesammelten Normallymphe, so ergibt sich jedesmal ein grösseres oder minderes Plus, welches auf die Beseitigung der Ligatur meist urplötzlich hervorschiesst, um im allmählichen Sinken zur Normalsecretion herabzugehen.

Die Reizung motorischer Nerven begünstigt das Entleeren der angesammelten Lymphe während des normalen und

Ödem-Zustandes; vollends gelang das Auspressen der Lymphe aus der Lippengeschwulst erst auf Reizung der Lippe in Substanz.

Das Ödem wäre demzufolge gleich zu setzen einer mechanischen Anstauung der Lymphe in ihren Gefässen und den mit letzteren in offenem Verkehr stehenden Bindegewebslacunen.

Nicht jede Geschwulst ist aber mit diesem Ödem identisch. Wenn wir von Ödem sprechen, so ist darunter immer nur die in Folge höheren Blutdruckes vermehrte Filtration von Blutplasma zu verstehen, nicht aber eine Geschwulst, die durch directe, locale Reize, z. B. Cantharidenpflaster, hervorgerufen wird. Eine Application jener Substanz an die Oberlippe lässt die Schnauze ebenfalls schwellen, allein, wie mich die auf diese Art bisher angestellten Versuche belehren, bemerkt man jedesmal ein Sinken der Lymphabsonderung auf der Seite des Reizes.

Tabellarische Übersicht der Lymphgewinnung bei ödematösem Zustande des Lymphreviers.

Nummer des Versuchs	Reizung der Nerven	Zustand des Lymphreviers	Versuchsdauer	Ganze Lymphmenge in Millim. des Rohres	Lymphe in der Minute
I. *a.*	—	normal	60 Min.	21 Millim.	0·35
b.	—	ödematös	60 „	63 „	1·05
II. *a.*	—	normal	120 „	25 „	0·20
b.	—	ödematös	0—15 M.	16 „	1·06
			15—30 „	3 „	0·20
III. *a.*	—	normal	30 Min.	127 „	4·23
b.	N. auriculo temp.	ohne Einfluss			
c.	N. facialis	„	3 Min.	17 Millim.	5·66
	Ruhe	„	3 „	2 „	0·66
	Reizung	„	3 „	14 „	4·60
	Ruhe	„	3 „	2 „	0·60
	Reizung	„	3 „	13·5 „	4·50
d.	—	ödematös	15 „	98 „	6·53
e.	Reizung der Lippe in toto	sehr schwaches Ödem	15 „	140 „	9·20

Die Lymphwege des Hodens und ihr Verhältniss zu den Blut- und Samengefässen.

Von dem w. M. Prof. C. Ludwig und Dr. W. Tomsa.

(Mit 2 Tafeln in Farbendruck.)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 24. April 1862.)

Die folgende Abhandlung, welche den Inhalt unserer vorläufigen Mittheilung [1]) weiter ausführt, ist geschöpft aus der Untersuchung der Hoden von Menschen, Pferden und Hunden. Da die Einrichtungen, so weit sie hier berührt werden, bei den genannten Organismen sich wesentlich als gleich herausstellten, so haben wir schliesslich und vorzugsweise nur den Hodenbau beim Hunde berücksichtigt, einfach darum, weil uns die Leichen dieses Thieres immer in frischem Zustande zur Hand waren.

Die Abhandlung haben wir in drei Theile zerfällt; die erste stellt die gewonnenen Resultate unter einem physiologischen Gesichtspunkte zusammen, die zweite welche mit Abbildungen versehen ist, geht in die Einzelheiten des anatomischen Baues ein und die dritte endlich berichtet über die angewendete Injectionsmethode. Die Literatur haben wir nur sehr spärlich citirt, weil die neuesten ausführlichen Abhandlungen über Lymphgefässe, wie namentlich die v. Recklingshausen's, dieselbe sehr vollständig berücksichtigt haben.

I.

Vergleicht man den kunstvollen und wirkungsreichen Bau des männlichen Samens mit den anatomischen Einrichtungen des Hodens, so kann man sich der Überzeugung nicht verschliessen, dass der

[1]) Siehe Sitzungsberichte, Juli 1861.

letztere nicht der zureichende Grund des ersteren sein kann. Viel eher scheint es einleuchtend, dass die moleculare Arbeit, welche im Innern des Samencanals vor sich geht, gestört werden konnte durch die Anordnung und Aufhängung des Hodens.

Unter die Umstände, von denen ein Schaden für die Samenbereitung zu befürchten wäre, tritt in erster Linie der häufige Lagenwechsel des Hodens, dessen ganzer Umfang nicht mehr und nicht weniger als die gesammte Länge des freien Samenstranges beträgt. Man sollte erwarten, dass, wenn der Hoden durch die Contraction des Cremasters und der *tunica dartos* aus einer Entfernung von einigen Zollen bis zum Leistenring emporgehoben wird, die Venen des Samenstranges gefaltet und gegen die Bauchwand gepresst und somit der Strom in ihnen unterbrochen würde und umgekehrt, könnte man glauben, dass die Arterie durch ihre Ausdehnung nach der Länge wesentlich verengert werden müsste, wenn der Hoden aus seiner höchsten in seine tiefste Lage herabsteigt. Nächstdem liegt die Befürchtung nahe, dass der stetige Druck der hohen Flüssigkeitssäule, die auf den freischwebenden Venenwänden des Samenstranges und den Capillaren des Hodens lastet, die Ausdehnung der gesammten Gefässe und Ödembildungen begünstigen müsste. Jede Störung des Blutstromes wird aber der Samenbereitung um so schädlicher sein, als sich in den Hohlraum der *tunica albuginea* Samen- und Blutröhren theilen; Überfüllung mit Blut oder gar Austritt von Ödemflüssigkeit muss die Spannung und die Lagerung der Samengänge und ihres Inhaltes wesentlich beeinflussen. In der That treten aber keine dieser Befürchtungen ein. Der Hoden leidet von seiner bedenklichen Lage nichts und dieses verdankt er Einrichtungen, die in Folgendem geschildert werden.

Die *Art. spermatica* macht bekanntlich im freien Theile des Samenstranges beträchtliche Windungen, die an Zahl und Ausdehnung um so bedeutender werden, je mehr sie sich dem Hoden nähert. In ihrer unmittelbaren Nähe laufen die relativ engen Venen des *plexus pampiniformis*. Auch dieses Geflecht besteht aus um so mehr Ästen, je näher es dem Hoden liegt. Um die Venen und Arterien ist ein festes Bindegewebe geschlagen, dessen Fasern beim Menschen vorzugsweise im Kreise verlaufen, deren Fläche senkrecht gegen die Längenaxe des Samenstranges steht. Diesen Einrichtungen gemäss nimmt der blutgefässführende Theil des Samen-

stranges etwa die Form eines dicken, lanzettförmigen Blattes an, dessen unteres breites Ende auf der Arterie, die zum Hoden geht und auf den Venen, die von dorther kommen, wie auf einem dicken Stiele sitzt und dessen oberes spitzes Ende in den Inguinalcanal hineinragt. Die Folgen, die aus dieser Anordnung der Gefässe hervorgehen, werden darin bestehen, dass das Lumen der Venen so lange geöffnet bleiben muss, als die Arterie unter der normalen Spannung mit Blut gefüllt ist, und zwar einfach darum, weil die Windungen der letzteren durch den Druck aus einander getrieben werden und die Venen in den Raum, welchen jene umspannen, eingeschlossen sind. Ausserdem wird die Arterie und das Bindegewebe die Venenwandungen vor Ausdehnung schützen, um so mehr, als bei dem engen Lumen, resp. dem geringen Umfange der einzelnen Venen des Plexus keine grosse Drucksumme auf die Wand einer jeden derselben lastet. Beim Hinaufschieben des Hodens wird das steife Gefässblatt, ohne dass eine Verschliessung der Venen eintritt, in den *Canalis inguinalis* eintreten und beim Herabsinken des genannten Organes wird sich durch schon geringe Streckung der einzelnen Windungen des arteriösen und venösen Plexus ohne Verengerung der Gefässlichtung die nothwendige Ausdehnung des Samenstranges gewinnen lassen.

Die Anhäufung von Flüssigkeit im Binnenraum der *tunica albuginea* zwischen den Samencanälchen, sei es innerhalb oder ausserhalb der Blutgefässe, ist erschwert durch den eigenthümlichen Verlauf der Arterie am Hodenkörper selbst. Sie tritt zum Hoden des Hundes, für den die folgende Beschreibung zunächst gelten soll, unmittelbar neben dem Austritte der *ducti efferentes* an die *Albuginea*; sie läuft dann, ohne Äste abzugeben, unter dem Nebenhoden bis zum Schwanze desselben und durchbohrt auf diesem Wege, die Sehnenhaut in schiefer Richtung, ähnlich wie der Ureter die Blasenwand. Ist sie am unteren Scheitel des elliptisch gestalteten Hodenkörpers auf die Innenfläche der *tunica* gelangt, so gibt sie dann erst ihre Zweige für die Samencanälchen ab. Daraus folgt, dass jeder Druck, der von innen her gegen die weisse Haut wirkt, den Zufluss des Blutes vermindern wird. Jeder Ast der Arterie versorgt nur ein kleines Gebiet und jedem entspricht eine starke Vene, welche alsbald in gerader Richtung die *tunica* durchbricht und dann auf der äusseren Fläche derselben unmittelbar unter der

serösen Decke bis zu der Stelle hinläuft, an welcher die Arterie zum Hoden gelangte. Hier lösen sich die schon stark gewordenen Venen in die feinen Äste des *Plexus pampiniformis* auf. Eine Ausdehnung der Sehnenhaut kann somit nur eine Erweiterung der abführenden *Lumina* veranlassen.

Diese eben beschriebenen Einrichtungen genügen offenbar, um es zu verhüten, dass unter den gewöhnlichen Verhältnissen das nachgiebige Hodenparenchym mit Blut überfüllt werde, aber sie leisten nichts mehr für den Abfluss der Flüssigkeiten, welche aus irgend welchem Grunde zwischen die Wand der Blut- und Samengefässe ausgetreten sind. Für diesen, im gesunden Leben häufig eintretenden Fall schafft nun das Lymphgefässsystem Rath. Der Beschreibung desselben, die wir nach unseren eigenen Untersuchungen geben, schicken wir eine kurze Erinnerung an die Anordnung voraus, welche den Samencanälchen und dem Bindegewebe in der Hodenhöhle des Hundes eigenthümlich ist.

Beim Hunde läuft das *Corp. Highmori* in der Hodenaxe, wobei unter diesem Namen die Linie verstanden werden soll, welche die beiden Scheitel des ellipsoidischen Körpers verbindet. Die Bindegewebshüllen der Samenläppchen, welche in jenem Corpus zusammenfliessen, nehmen bekanntlich ihren Ursprung aus den concentrischen Lagen netzförmigen Zellgewebes, welche den festen Theil der *tunica albuginea* an ihrer hohlen Seite bedecken. Die Basen der Samenläppchen und die Sehnenhaut hängen also nur lose zusammen, so dass einem Drucke, der beide von einander zu entfernen strebt, in merklicher Weise Folge gegeben werden kann.

In den Bindegewebshüllen, in den äusseren sowohl wie in den interlobulären, verlaufen nun die Blutgefässe zu und von den Läppchen. Jedes dieser Gefässe ist von einer starken fibrillären *Adventitia* umkleidet, deren Ausläufer sich auch noch auf die Capillaren fortsetzen, welche mit weitmaschigen Netzen die gewundenen Samenröhren umgeben. Sobald die Fibrillen der *Adventitia* mit den Capillaren zwischen die Windungen der Samenröhren angelangt sind, laufen sie zwischen den Wänden der Blut- und Samengefässe hin und her und befestigen demnach beide in ihrer gegenseitigen Lage.

Wenn die Zwischenräume zwischen Blutgefässen und Samenröhren leer sind, so müssen sich beide eng an einander schliessen,

dann stellen jene Fibrillen die sogenannte Bindegewebsscheide der Samencanälchen dar.

Nach der eben gegebenen Schilderung bleibt also zwischen den Samencanälchen, Blutgefässen und den collagenen Fibrillen ein reichliches System von Spalten übrig, die im Innern der Läppchen selbst nach allen Richtungen zusammenhängen. Diese Spalten, deren Längsrichtung dem Verlaufe der beiden Röhrenarten entspricht, öffnen sich gegen die Scheidewand der Läppchen nur in die Lymphgefässe in später zu beschreibender Weise; gegen die Basis des Läppchens gehen sie dagegen unmittelbar in die Spalten über, welche zwischen den Bündeln des netzförmigen Gewebes verbleiben, das auf der inneren Fläche der Hodenkapsel aufliegt.

Betrachtet man die eben geschilderten Einrichtungen mit Rücksicht auf die veränderlichen Mengen von Flüssigkeit, welche ausserhalb der Samengänge in den Raum der Kapsel ergossen sind und die Spannung derselben bestimmen, so sieht man alsbald, dass sie dazu dienen, um die Samenentleerung von den genannten Veränderungen unabhängig zu machen. Offenbar könnte der hydrostatische Druck nur bei einseitiger oder beschränkter Wirkung auf den Samencanal die Lichtung desselben ändern, resp. seinen Inhalt fortbewegen. Dieses wird aber unmöglich, weil die Lücken um den Samencanal überall mit einander in freier Verbinduug stehen; die beschränkt und irgend wohin ergossene Flüssigkeit wird sich leicht und allseitig verbreiten können. Die veränderliche Spannung der Kapsel, beziehungsweise ihre grössere Ausdehnung, würde ebenfalls nur dann von Wirkung auf den Samencanal sein, wenn dessen Windungen den Bewegungen jener nach aussen folgen müssten, so dass der jeweiligen Ausdehnung der Kapsel entsprechend, die Windungen der Samenröhrchen gestreckter oder enger werden müssten. Dieser Umstand wird aber durch die lockere Anheftung der Samencanälchen an die Kapsel und die vielfache Verbindung der Windungen jedes einzelnen Canälchens unter einander vorgebeugt. Somit bleibt die Entleerung des Samens nur von der Füllung der Canälchen, resp. von der Productionskraft der Samenzellen abhängig.

Das Verhalten der Lymphgefässe, zu deren Beschreibung wir nun übergehen, befindet sich, wie wir im Voraus bemerken, in sehr wesentlicher Übereinstimmung mit der Darstellung, welche

Brücke[1]) von den Darmlymphgefässen gegeben hat. His hat in einer Mittheilung, die im Wesentlichen die Angaben von Brücke bestätigt, schon die Analogie zwischen den Lymphgefässen beider Orte richtig hervorgehoben.

Wenn der Samenstrang des Hundes blossliegt, dessen Lymphgefässplexus auf natürliche oder künstliche Weise injicirt ist, so sieht man ihn in der Nähe des Leistenringes meist nur aus wenigen aber starken Gefässen zusammengesetzt. Gegen den Hoden ist das Geflecht aus zahlreicheren, aber dafür dünneren Stämmchen gebildet. Indem sie fortwährend auf der äusseren Umhüllung des Plexus niemals aber zwischen den Blutgefässen desselben verlaufen, treten sie mit den letzteren an den Hoden heran. Von der oberen Kante des Hodenumfanges strahlen sie dann auf die hintere und vordere Fläche desselben und bedecken unterhalb der Serosa die *tunica albuginea* mit einem so reichlichem Geflecht, dass eine, der Chorioidea des Auges ähnliche Gefässhaut entsteht, in welcher die Gefässe einen weitaus grösseren Raum einnehmen als die sie trennenden Gewebsmassen. Die Bilder welche dieses Netz gibt, gleichgiltig ob es mit Lymphe oder erstarrenden Massen (Leim oder Wachs) angefüllt ist, sind ganz dieselben, welche Panizza nach seinen Quecksilberinjectionen anfertigen liess. Aus diesem Geflechte, dessen Röhren noch zahlreiche Klappen tragen, gehen Stämmchen hervor, die durch die *tunica albuginea* hindurch in die Hodenhöhle eindringen und dort auf die Scheidewände der Läppchen so reichlich übertreten, dass daselbst jeder kleine Arterienzweig von zwei, meist ungleich starken Lymphgefässen begleitet ist. Es ist besonders hervorzuheben, dass diese Lymphgefässe nicht zwischen Muskelhaut und Adventitia der Arterie, sondern jenseits der letzteren verlaufen. Die Lymphstämmchen der Scheidewand sind zwar schon fein, aber im angefüllten Zustande noch mit freiem Auge sichtbar, sie sind rosenkranzförmig angeschwollen und es scheint, als ob ihre einzelnen Buchten öfter noch durch Klappen von einander getrennt sind. Ihre Haut ist vollkommen structurlos und so dünn, dass die Gefässe nach dem Verluste ihres Inhaltes meist vollkommen unsichtbar werden. Nur zuweilen erkennt man,

[1]) Brücke, Denkschriften II, VI. Bd. Sitzungsber., 1. und 10. Bd. — His, Zeitschrift für wissensch. Zoologie, 14. Bd.

wenn man eine nicht injicirte ausgebreitete Scheidewand bei mehrhundertfacher Vergrösserung betrachtet, an den Stellen, an welchen die injicirten Lymphgefässe deutlich hervortraten, feine Streifen, die für die zusammengefallenen Lymphgefässe gehalten werden können.

Von diesen Lymphstämmchen gehen sehr zahlreiche, enge, aber noch mit blossem Auge sichtbare Ästchen ab, die den Querschnitt ihres Hohlraumes gegen die spaltförmigen Zwischenräume zwischen den Windungen der Samencanälchen wenden, so dass nun jene Zwischenräume und die Lymphröhren in unmittelbarer, offener Verbindung stehen. Um den Übergang der Lücken zwischen den Samencanälchen in die mit deutlichen Wandungen versehenen Lymphcanäle der Scheidewände zu sehen, muss man sich an Präparate halten, in denen jene Lücken nur unvollkommen und zwar am besten mit körnigem Farbstoffe injicirt sind, weil an vollkommen ausgespritzten Präparaten, die zwischen den Samencanälchen und der Scheidewand ergossene Farbmasse die Netze der letzteren undeutlich macht.

Das Verhalten der Blut- und Lymphgefässe im Innern der Läppchen ist durch die bisher gelieferte Beschreibung schon angedeutet. Da der gesammte Lückenraum zwischen den Canalwindungen der Samencanälchen nichts anders als der Anfang der Lymphgefässe ist, und da in demselben die Blutgefässe in ihrer fibrillären Scheide verlaufen, so heisst dies nichts anderes, als dass die Blutcapillare sammt den collagenen Fibrillen ihrer Scheide rings von Lymphe umspült wird. Dieses Verhalten sieht man sehr deutlich an feinen Schnitten durch einen Hoden, dessen Lymph- und Blutgefässe mit verschieden gefärbten, durchsichtigen Leimmassen injicirt sind. Hier erscheint zwischen den nach der Länge oder nach der Quere durchschnittenen Samencanälchen ein zusammenhängendes Canalsystem in der Farbe der Lymphgefässe. In der Axe dieser Lymphcanäle verlauft das Blutgefäss und von der Wand dieses letzteren gehen nach verschiedenen Richtungen feine Bindegewebsfäden aus, welche sich an die Umgrenzung des Samencanals anlegen.

Die Frage, ob auch in diesen Räumen das Lymphgefäss eine selbstständige Wand hat, würde zusammenfallen mit der andern, ob man die Haut der Blutgefässe und der Samencanälchen in je zwei Häute zerklüften könnte. Man sieht sogleich ein, dass das Problem

in dieser Gestalt gefasst nur noch ein conventionelles Interesse besitzt. Dieser Ausspruch darf um so mehr Geltung beanspruchen, weil man an der *tunica propria* keine verschieden geformten Schichten unterscheiden kann und man andererseits die faktischen geschichteten Blutgefässhäute niemals durch eine zwischen ihnen ausgetretene Masse in mehrere Lagen zerfallen sieht. Man darf also schliessen, dass ihre verschiedenen Schichten unter den physiologischen Verhältnissen so innig mit einander verbunden sind, dass sie im mechanischen Bezuge gerade so wirken, als ob sie aus einer Haut bestünden.

Die in den Bindegewebsmassen hin und wieder eingestreuten Kerne und ihre Beziehung zu den höchst selten vorkommenden weissen Körperchen der Hodenlymphe werden Gegenstand einer Mittheilung sein, die Tomsa demnächst der kais. Akademie vorzulegen gedenkt.

Durch die vorliegenden, leicht zu constatirenden Erfahrungen ist es also sichergestellt, dass ein wohlbegrenztes, von Bindegewebsfäden durchzogenes und in seiner Ausdehnung beschränktes Lückensystem sich in deutlich ausgeprägte, mit Wandungen versehene Gefässe begibt, die endlich den Charakter der Lymphgefässe annehmen und in den *ductus thoracicus* einmünden. Für die Samenbereitung im Hoden gewinnt diese Thatsache insoferne Wichtigkeit, als sie erst die volle Unabhängigkeit dieser specifischen Arbeit vom Blute darlegt. Denn nun erscheinen die Samencanälchen umflossen von einer aus den Blutgefässen ergossenen Flüssigkeit, aus der sie nach Bedürfniss ihren Bildungsstoff beziehen.

Die Bedeutung, welche unsere Erfahrung für die Entstehung und Function der Lymphe gewinnt, ist im Allgemeinen einleuchtend, eine weitere Bestätigung dessen, was hier die anatomische Anordnung voraussetzen lässt, wird der physiologische Versuch geben müssen.

II.

Als Beleg für die Mittheilungen und als Leitfaden für die eigene Untersuchung sollen die nachfolgenden Tafeln mit der zugehörigen Erklärung dienen.

Die Figuren 1, 2 und 3 erläutern das Verhalten der Gefässe des Samenstranges zu einander auf der Oberfläche und auf Durch-

schnitten des *plexus pampiniformis*. Die beiden der dreimal vergrösserten Querschnitte rühren von zwei verschiedenen Thieren her. In dem einen (Fig. 3) sind die Gefässe ausgeklopft, in ihm drängt sich Wand an Wand. In der gefärbten Fig. 2 liegen zwischen den Gefässen noch einzelne Bindegewebsstreifen, namentlich werden die im äussersten Umfange unter der Serosa befindlichen blauen Lymphstämmchen von den unmittelbar anliegenden Blutgefässen durch solche getrennt. Die blauen Ringe liegen niemals sämmtlich auf derselben Stelle des Plexus, sondern immer auf zwei mehr oder weniger von einander getrennten. Eine Gruppe führt die Lymphe aus dem Hoden, die andere aus dem Nebenhoden empor. Die roth gefärbten Arterien sind theils der Quere und theils der Länge nach getroffen, zwischen und um dieselbe liegen die zahlreichen Venenmündungen. Die Schnitte gehen durch den Plexus etwa 10 Millim. von seinem Ursprung aus dem Hoden.

Die Art und Weise wie sich die Arterie auf der Oberfläche des Plexus spiralig windet und wie diese Windungen die Venen zwischen sich fassen, lässt die erste Figur erkennen, die ein Präparat darstellt, dessen Plexus nach seinem kleinsten Durchmesser durchschnitten war, näher dem Hoden ist der Durchschnitt sichtbar, entfernter von ihm liegt die umgeschlagene Oberfläche vor. Die Venen sind absichtlich nur mit wenig Injectionsmasse gefüllt um zu zeigen, wie auch die leeren Gefässe durch die, vermöge der Injection gespannten Arterien aus einander gehalten werden.

Alle folgenden Figuren sind vorzugsweise der Darstellung der Lymphgefässe und ihrem Verhältnisse zum Bindegewebe und den Blut- und Samengefässen gewidmet. Die Lymphgefässe sind entweder mit Berlinerblau oder auf natürlichem Wege, durch Lymphe, angefüllt. Diese natürliche Injection wurde dadurch hervorgerufen und bewahrt, dass die Lymphgefässe am lebenden Thiere unterbunden wurden, waren dieselben starr angeschwollen, so wurde das Thier getödtet, der Hoden herausgeschnitten, die Blutgefässe injicirt und das Präparat in verdünnter Chromsäure gehärtet.

Die Figuren 4 und 5 geben drei- bis viermal vergrösserte senkrecht auf einander geführte Hodendurchschnitte, in der Absicht, um einen Überblick über die Verbreitung der Lymphgefässe im Hoden zu gewähren. Zum Voraus muss zu ihnen bemerkt werden, dass die künstliche Injection niemals eine allseitig vollkommene

wird, ein Umstand, der sich aus der Anwesenheit der Klappen in den subserösen Gefässen und der beschränkten Räumlichkeit innerhalb der *tunica* und der schwerflüssigen Leimmasse begreift; auch der Nebenhoden injicirt sich selten vollkommen. Im Folgenden wurde nur auf die Lymphgefässe im Hoden Rücksicht genommen.

Auf dem Querschnitte durch Neben- und Haupthoden (Fig. 4) liegt in der Mitte des letzteren das *Corpus highmori*; dieses ist mit der *tunica albuginea* durch zahlreiche Radien der durchschnittenen Sexta der Samenläppchen verbunden. Der Längenschnitt durch den Hoden (Fig. 5) hat das Ende des *Corpus highmori* getroffen. Die Scheidewände zwischen den Läppchen bilden ein unregelmässiges Netzwerk. Verfolgt man auf beiden Schnitten die blaue Farbe, so sieht man zuerst unter der *tunica vaginalis propria* an der äussersten Grenze des Präparates einen kreis- und halbkreisförmigen Gefässdurchschnitt; unterhalb der *tunica* sind die blaugefärbten Durchschnitte schon spindelförmig und zudem fliessen zwei Spindeln unten in spitzem Winkel zusammen; alle blauen Stellen sind aber durch dazwischen liegende farblose Masse getrennt, demnach bilden die Lymphgefässe auch noch in der *tunica* ein Netz, wobei sie unter sehr spitzen Winkeln gegen die Ebene der weissen Haut geneigt sind, so dass sie sehr allmählich die letztere durchbohren.

Auf der innern Fläche der *tunica albuginea* findet sich ein blauer homogener Streifen, der um so dicker ist, je vollkommener die Masse in die benachbarten Samencanälchen eingedrungen ist; sind die Zwischenräume zwischen den letzteren nicht erfüllt, so kann auch der Streifen vollständig fehlen. Ist er vorhanden, so gehen von ihm aus deutlich gesonderte, auf dem Querschnitte kreisförmig gestaltete Gefässe in die Septa über, die aber nicht allein in der letzteren, sondern auch im *Corpus highmori* und im Nebenhoden sichtbar sind. Vergleicht man die Formen dieser Gefässdurchschnitte im Längen- und im Querschnitte des Hodens, so sieht man, dass auf den Septen des ersten mehr Gefässe der Länge nach und in den Septen des Längenschnittes mehr Gefässe der Quere nach getroffen sind; gerade umgekehrt verhält es sich im *Corpus highmori*. Daraus schliessen wir, dass den Querschnittsebenen entsprechend die Gefässe von der *tunica albuginea* zum

Corpus highmori verlaufen und dass sie in diesen letzten parallel dem ausführenden Samengefässe gegen den Nebenhoden gelangen.

Ausser den deutlichen Gefässen gehen aber auch aus dem Ringe unter der Sehnenhaut kleinere unregelmässige blaue Ausläufer in die Räume zwischen den Samencanälchen; dasselbe ereignet sich aus den Septen heraus, aber nur dann, wenn deren Querschnitt ausser den dunkelblauen Kreisen auch noch eine diffus hellblaue Färbung zeigt. Diese Ausläufer grenzen bei vollkommener Injection alle Samencanälchen von einander ab, und da diese Abgrenzung auf Schnitten nach der Länge und der Quere der Canälchen sichtbar ist, so folgt daraus, dass jedes derselben von einem Lymphraum umgeben ist, der auf kürzerem oder längerem Wege mit den deutlichen Gefässen der Scheidewände und zugleich mit dem blauen Ringe unter der *tunica albuginea* in Verbindung steht.

Nach dieser Übersicht gehen wir zur Darlegung der Einzelheiten über, welche bei Vergrösserungen von 300 — 400 wahrgenommen werden können. Wir gehen hierbei von den Lymphräumen aus, welche den Samencanal unmittelbar umgeben. In den beiden hieher gehörigen Figuren 6 und 7 sind die Blutgefässe roth injicirt, die Lymphgefässe sind dagegen in Fig. 6 blau, in 7 dagegen auf natürliche Weise mit Lymphe erfüllt. Die Schnitte sind ausserdem durch zwei auf einander senkrechte Ebenen gelegt, so dass die Blutgefässe in der einen Figur nach den Querschnitten und in der andern nach ihrem Längsverlaufe blossgelegt sind.

Wo man die Blutgefässe auf dem Querschnitte sieht, da bemerkt man, dass die rothe Lichtung jedesmal von einer starken, farblos gebliebenen Haut umgeben ist. Von der äussersten bindegewebigen Grenze dieser Haut *(tunica adventitia)* gehen ein- oder mehrfädige fibrilläre Fortsätze aus, welche sich sowohl mit dem Bindegewebe der Scheidewand, wie auch mit entsprechenden Fäden der benachbarten Blutgefässe verbinden und sich auch an die Wand des Samencanals anlegen. In diesen fibrillären Zügen finden sich öfter Anschwellungen, die theils daher rühren, dass sich hier mehrere vor- und nachher getrennt verlaufende Fäden vorübergehend mit einander vereinigen; oder sie sind Stückchen eines Blutgefässes, das theilweise noch in, und zwar parallel der Schnittebene des Präparates verlief, oder auch sogenannte Kerne. In dem Präparate, welches die Blutgefässe nach ihrem Längsverlaufe zeigt, legen sich die Fibrillen

einzig an die Blutgefässe an. Auch die starke, doppelt contourirte Wand der Samencanälchen, die auf ihrer äusseren Fläche zuweilen Kerne trägt, zeigt das Präparat sehr deutlich.

Den Raum, welchen die Blutgefässe und das Bindegewebe in der Umgebung der Samencanälchen übrig lassen, ist von Lymphe erfüllt; das Lumen desselben trägt im Allgemeinen den Charakter von Spalten, und ihre einzige Begrenzung besteht aus den lose an einander gefügten Fibrillen der beiden Wandungen der Samen- und Blutgefässe. Gestalt und Durchmesser dieser Lymphspalten werden dem entsprechend sehr veränderlich sein, je nach der Richtung, in welcher der Schnitt geführt wurde, je nach dem Drucke, unter welchem die Lymphe abgesondert wurde und der Füllung von Blut- und Samengefässen. Die beiden Durchschnittszeichnungen geben zwei häufig vorkommende Formen; in der blau injicirten sind die Lymphspalten weniger stark gefüllt als in der unter natürlicher Injection ausgedehnten. Wir fügen hinzu, dass, wenn man die Lymphgefässe statt mit flüssigem, mit körnigem Farbstoff ausgespritzt hat, die Körner desselben in Reihen hinter einander legen, die ganz analog den gleichmässig tingirten Streifen der blauen Injection geordnet sind.

Aus den Spalträumen ergiesst sich die Lymphe in das weiche Bindegewebe unter der *tunica albuginea* und in die Septen. Die Art des Überganges auf die letzteren ist in Fig. 8, 9, 11 dargestellt, in 8 und 9 sind die Lymphräume blau, in 11 natürlich gefärbt; — Fig. 8 stellt einen Querschnitt durch eine feine, secundäre, 11 einen Längenschnitt durch eine Hauptscheidewand dar; in beiden ist die Anfüllung auf einen bedeutenden Grad gediehen.

In Figur 8 besitzt das Septum noch Einrichtungen, wie sie schon von den intertubulären Räumen her bekannt sind. Auch hier gehen von den Adventitien der Blutgefässe zahlreiche fibrilläre Fortsätze ab, die sich netzförmig verflechten und zwischen den Samenröhren eindringen; neben ihnen bleiben die Lymphspalten übrig. Die Anschwellungen, welche die Fibrillen zeigen, müssen auf dieselbe Weise wie oben gedeutet werden, als Stücke von schief abgeschnittenen Gefässwänden und als eingelagerte zellenartige Körper.

Auf den grösseren Scheidewänden treten als Bestandtheile des Bindegewebes zu den Fibrillen nun auch structurlose Häute; hiermit

wird dasselbe befähigt, gewisse Räume vollständiger abzuschliessen und endlich vollkommene Gefässchen darzustellen. Durchschnitte durch solche raumscheidende Häute gibt schon Fig. 7 auf der Scheidewand sowohl, wie auch theilweise zwischen den Samenröhren; alle möglichen Übergangsformen von den Spalten zwischen den Samencanälen bis zu deutlichen Lymphgefässen, die neben den kleinen und grösseren Blutröhren laufen, gibt Fig. 11. Indem diese Einfassung des diffusen Stromes in schärfer begrenztem Raume geschieht, sammeln sich auch die Fibrillen zu stärkeren Strängen.

Auf dem Wege von der *tunica albuginea* zu den Lymphspalten müssen die eben geschilderten, von structurlosen Häuten umschlossenen Gefässe die wesentlichste und erste Leitung der Lymphe übernehmen, denn wenn man die Injection nur bis zu einem mässigen Grade getrieben hat, so erhält man auf einer vorsichtig auspräparirten Scheidewand nur Gefässnetze. Die Hauptstämme derselben laufen, wie es Fig. 12 in ungefähr vierfacher Vergrösserung angibt, meist doppelt neben den grossen Blutgefässen; sie senden dann auf den übrigen Raum der Scheidewand Äste aus, die ein weitmaschiges Netz bilden. Alle Contouren dieser Gefässe tragen ein buchtiges Ansehen, die Bucht beruht aber meist nicht auf der Anwesenheit der Klappen, doch ist dieselbe nicht ausgeschlossen. Die Lymphgefässe gehen schliesslich neben den Blutgefässen durch die *tunica albuginea*.

Ähnlich wie auf die Scheidewände gehen auch die Lymphspalten in das weiche Bindegewebe über, welches die innere Fläche der *tunica* umkleidet. Dieses Bindegewebe besteht aus netzförmigen fibrillären Zügen, dessen Lagen um so feiner und dehnbarer werden, je näher sie gegen die Samenläppchen hin liegen; aus diesem Grunde nimmt der stark injicirte Saum die Gestalt an, welche in Fig. 9 wieder gegeben ist. Diese Zeichnung lässt auch sehen, auf welche Weise die Lymphe aus dem Bindegewebsraume in die Lymphgefässe der *tunica* abfliesst, beziehungsweise wie die letzteren entstehen. Die der *tunica* anliegenden Bindegewebszüge treten näher und näher zu festen Massen an einander und die zwischen ihnen bleibenden Spalten fliessen endlich in einem gemeinsamen Rohr zusammen. Daraus geht hervor, dass der Übergang der *tunica* in das weiche Bindegewebe ein allmählicher ist. Jedenfalls besteht der Theil der

tunica, welcher dem subcutanen Lymphraume näher liegt, noch aus einzelnen Lagen von Bindegewebe, die durch eindringende Flüssigkeit leicht aus einander gespalten werden können. Hat man ein Präparat zur Ansicht, in welchem die Injectionsmasse von dem unterliegenden Lymphraum her in solche Spalten gedrungen ist, so entsteht auch die Vermuthung, es möchten viele der faser- und kernartigen Figuren, die in der Masse der *tunica* sichtbar sind, der optische Ausdruck für Stellen sein, in welchen die Bindegewebselemente weniger dicht gedrängt liegen, mit einem Worte sie könnten der Ausdruck für Spaltungsflächen sein.

Fig. 10 endlich gibt das lymphatische Gefässgeflecht des Hodens auf der *tunica* unmittelbar unter der Serosa wieder; die zahlreichen Gefässe aus den dichten Netzen des Hodens vereinigen sich am Beginne des Samenstranges unmittelbar neben dem Austritte der Venen aus dem Hoden, und zwar auf der Fläche des letzteren, an welchen der Nebenhoden durch die Serosa fest angeheftet ist; die Gefässe dringen, einmal am *plexus pampiniformis* angelangt, auf dem kürzesten Wege nach oben; indem sich ihre Zahl reducirt, wird der Lumen des einzelnen erweitert.

Mit den Gefässen des Hodens stehen auf diesem Wege die des Nebenhodens in innigstem Zusammenhange. Sie sind hier nicht besonders beschrieben und gezeichnet worden, für denjenigen aber, welcher die Lymphgefässe am Samenstrang des lebenden Thieres aufsucht, bemerken wir folgendes: Zwischen den Läppchen des Nebenhodens dringen zahlreiche Lymphgefässe an den Samenstrang heran, und zwar auf die entgegengesetzte Seite von der, welche die Lymphgefässe des Hodens aufnimmt. Die aus den beiden Orten herkommenden Abzugscanäle stehen an der Wurzel des *plexus pampiniformis* durch mehrere Gefässe mit einander in Verbindung, dann aber laufen die beiden Hauptströmungen mehrere Centimeter lang gesondert, bis sie schliesslich am Bauchende des Samenstranges in einander fliessen. In der Fig. 10 sieht man bei *h'* Lymphstämme, welche aus dem Nebenhoden hervorgehen, sich in die des Haupthodens ergiessen; in Fig. 2 sind die beiden Hauptwege auf der inneren und äusseren Fläche des Samenstranges sichtbar, wie schon erwähnt wurde.

Ausser diesen Hauptgefässen läuft noch zwischen *plexus pampiniformis* und *vas deferens* ein starkes Gefäss, welches von der

cauda des Nebenhodens herkommt; auch dieses steht an seinem Ursprung in Verbindung mit den Lymphgefässen, welche sich an den *plexus pampiniformis* anschliessen.

III.

Die Injectionspräparate, auf welche sich unsere Beschreibung stützt, sind theils mit Wachs, theils mit Leim hergestellt worden, wo es darauf ankam, das Verhalten der makroskopischen Formen zu studiren, wurde die Injectionsmasse mit körnigem Farbstoff versetzt und namentlich mit Bleiweiss, $BaOSO_3$, oder Ultramarin — für die Präparate, aus denen feinste Schnitte bereitet werden sollten, wurde lösliches Berlinerblau oder Carmin angewendet. Statt die Massen, wie es gewöhnlich geschieht, mit der Spritze einzutreiben, haben wir sie durch Quecksilberdruck in die Gefässe gespritzt. Zu diesem Ende füllten wir einen Kolben von etwa 2 Unzen Gehalt mit der Masse an, nachdem wir vorher den Boden mit Quecksilber bedeckt hatten. Den Kolben verschlossen wir durch einen doppelt durchbohrten Kork, den wir mittelst eines Fadens auf dem Halse festbanden. Durch die Bohrlöcher gingen zwei Glasröhren, eine davon, welche senkrecht war, reichte bis in die Quecksilberschichte des Bodens und erhob sich über dieselbe mehrere hundert Millimeter. Derjenige Theil derselben, welcher über dem Kork stand, war mittelst eines Kautschukschlauches aus zwei Stücken zusammengesetzt. Um den Kautschukschlauch lag eine Schraubenklemme, so dass das Lumen beider Röhrenstücke nach Belieben abgeschlossen werden konnte. Dieses Rohr diente dazu, um mit Quecksilber gefüllt, den Druck hervorzubringen. Aus dem zweiten Bohrloche ragte ein rechtwinkelig gebogenes Glasröhrchen; der senkrechte Schenkel desselben endete auf der unteren Fläche des Korkes, der horizontale stand frei in der Luft. An ihn wurde mittelst eines Kautschukschlauches die Injectionscanüle befestigt. Diesen Kolben stellten wir in ein prismatisches Blechgefäss, das mit Wasser gefüllt und durch eine untergestellte Lampe höchstens auf 52° C. warm erhalten wurde. Wollten wir von der Arterie aus das ganze Gefässsystem injiciren, so banden wir die Canüle in die *Arteria spermatica* und legten den Hoden auf einen passenden Träger in's Innere des Kastens und verbanden, nachdem die Luft aus der Canüle entfernt war, diese letztere mit der Injectionsmündung des Kolbens.

Nachdem sich der Hoden erwärmt hatte, füllten wir in den senkrechten Schenkel des Kolbens Quecksilber ein, bis sich die Injectionsmasse in Bewegung setzte. Durch Nachgiessen von Quecksilber erhielten wir den Druck möglichst constant, und zwar so lange, bis aus der Vene die Injectionsmasse möglichst rein, d. h. nicht mehr mit Blut verunreinigt, ausfloss. Hierdurch erzielten wir eine höchst vollkommene, überall gleichmässige Capillarinjection. Wollten wir Venen und Arterien mit verschiedenen Massen injiciren, so wurden zwei Kolben mit denselben hergerichtet und ausser der Arteriencanüle eine zweite in eine Vene eingesetzt, die möglichst nahe am *plexus pampiniformis* aufgesucht ward, weil nur unter dieser Voraussetzung die Klappen dem Strome in der Richtung gegen den Hoden keinen Widerstand entgegensetzen. Dann wurde nach einander durch das eine und das andere Gefäss angefüllt.

Will man die Lymphgefässe anfüllen, so muss man die Canüle in ein Gefäss führen, das eben im Begriffe ist, den Hoden zu verlassen. Um das Röhrchen einzubringen, schlitzt man das Gefäss ein wenig auf und führt durch den engen Spalt die feine, abgeschrägte Canüle in dasselbe ein. Nachdem dies geschehen, schliesst man die Öffnung um die Canüle dadurch, dass man eine kleine Fricke'sche Pincette unter sie führt, mit ihrem Arm die Haut fasst und den Schieber zudrückt. Um der Pincette eine sichere Stellung zu geben, kann man sie sammt der Canüle an den Samenstrang locker anschlingen. Die Canüle verbindet man dann abermals mit einem Kölbchen und treibt die Masse unter vorsichtiger Erhöhung des Quecksilberdruckes ein. Diese Art der Injection gewährt in unserem Falle besondere Vortheile, da man die Masse und den Hoden unbeschränkt lange warm erhalten kann. Nur hiedurch gelingt es ganz sicher, die Lymphgefässenden anzufüllen, weil die Masse wegen der entgegenstehenden Klappen nur ungemein langsam fortschreitet.

Wünscht man eine sehr vollkommene Lymphinjection, so kann man, nachdem man die Canüle in den frischen Hoden eingebunden hat, diesen letzteren 24 Stunden in 85 percentigen Alkohol tauchen. Die *tunica albuginea* lässt keinen Alkohol durch, wohl aber zieht der letztere aus dem Hoden das Wasser an, so dass derselbe sehr schlaff wird und der eindringenden Injectionsmasse einen geringen Widerstand entgegensetzt.

Wollten wir an demselben Hoden Lymph- und Blutgefässe neben einander ausspritzen, so haben wir jedesmal erst die Blut- und dann die Lymphgefässe angefüllt.

Um dem Hoden die zu feinen Schnitten nothwendige Härte zu geben, haben wir Abschnitte desselben erst in starkem und dann in absolutem Alkohol entwässert; auf diese Weise gelingt es, die lose an einander liegenden Gewebsbestandtheile zu verdichten und das Eintreten von trennenden Luftblasen zu vermeiden. Das Berlinerblau der Injectionsmasse pflegt sich im Innern des geschlossenen Hodens gewöhnlich bald zu entfärben, am durchschnittenen Hoden stellt sich durch die Berührung mit Alkohol das Blau wieder her.

Über den Blutstrom in der Leber, insbesondere den in der Leberarterie.

Von **Dr. Wladimir Betz,**
aus Kiew.

(Vorgelegt von Prof. C. Ludwig in der Sitzung vom 22. Mai 1862.)

(Mit 1 Tafel.)

Die in den letzten Jahren bekannt gewordenen Untersuchungen über den Stromlauf des Blutes in der Niere, dem Hoden etc. sind für die Physiologie dieser Organe wichtig genug, um den Wunsch nach einer ähnlichen Untersuchung auch anderer Gefässabschnitte rege zu machen. Aus diesem Grunde sah ich mich veranlasst, den Stromlauf in der Leber genauer zu untersuchen. Es leuchtet ein, dass dieses darum besonders interessant sein muss, weil in die Leber zwei Blutströme eingehen, deren Massenelemente eine sehr verschiedene beschleunigende Kraft besitzen; es ist also der Mühe werth nachzufragen, ob die Blutmenge, welche jeder der beiden Ströme in die Leber schickt, im Verhältniss steht zu diesen beschleunigenden Kräften. Wäre dieses der Fall, wäre also in der That der arterielle Strom ein sehr bedeutender im Verhältniss zu den durch die V. Porta verlaufenden, so würde daraus sicherlich geschlossen werden müssen, dass das Arterienblut nicht allein für die Ernährung der Lebermasse und die Bildung des Leberschleimes, sondern auch für die sogenannten Functionen der Leber also für die Bildung der Wärme, des Zuckers, der Galle von unmittelbarer Bedeutung wäre. Der venöse Strom durch die Leber erhält aber noch dadurch eine besondere Stellung, dass er der Abflussweg des gesammten Darmblutes ist. Die veränderlichen Widerstände, welche die Lebergefässe darbieten, werden also nicht blos auf die Functionen der Leber, sondern auf die des ganzen Darmes einwirken.

I.

Zur Ausführung meines Vorhabens schien es mir zuerst nothwendig, eine hydraulische Untersuchung an der ausgeschnittenen

Leber zu unternehmen. Aus einer solchen Versuchsreihe mussten nicht allein Winke für die Versuche hervorgehen, welche man am lebenden Organ vorzunehmen hatte, sondern es mussten sich auch geradezu Thatsachen finden lassen, die auf die lebendige Strömung angewendet werden könnten. Die Vorsichtsmassregeln, welche die künstlichen Durchströmungsversuche der Leber erfordern, sind zahlreiche, so dass die Untersuchung selbst zu einer sehr mühevollen wird. Die Apparate und Methoden, die ich bei dieser Versuchsreihe in Anwendung brachte, verdanke ich den Angaben von Herrn Professor C. Ludwig, in dessen Laboratorium ich arbeitete.

Die erste Bedingung, welche erfordert wurde, war die unverrückte Aufstellung der Leber in einer der normalen analogen Lage. Um sie zu bewirken, diente der Apparat, welcher auf der Tafel abgebildet ist. An einem starken Halter *a* war ein Teller *b* aus doppeltem, steifem, verzinntem Eisenblech verschiebbar angebracht; dieser Teller besass auf seiner obern Fläche eine convexe Wölbung, die ringsum von einem etwa 40 Centim. breiten steifen und ebenen Rande umgeben war. Am gewölbten Theil war der Teller durchbohrt von 5 Metallhülsen, die an ihn angelöthet waren. Drei davon *c, d, e* sollten die Zuflussröhren zu den Blutgefässen enthalten; eine vierte *f* sollte dazu dienen, um den Luftraum um die Leber zu comprimiren oder zu verdünnen; eine fünfte endlich *g* nahm einen Stab auf, der oben einen horizontal gestellten Ring trug, während er nach unten durch eine knieförmige Biegung mit dem Halter *a* verbunden werden konnte; zwischen den Ring und den Teller wurde die Leber eingeschoben, wie es die Figur zeigt. Damit ihre Befestigung daselbst der normalen möglichst gleich komme, wurde die Leber mit dem ganzen Zwergfelle vorsichtig herausgeschnitten und dieses letztere mit seinen Rändern sorgfältig an dem Ring angenäht, so dass die Leber durch ihre normalen Peritoneal-Falten getragen, von ihm herabhing; darauf wurde die Leber vorsichtig auf die Wölbung des Tellers herabgelassen und dann die beiden Theile des Apparates gegen einander festgestellt. Durch diese doppelte Unterstützung und die Lagerung des Organes auf einer gewölbten Fläche blieb nicht allein der Zugang zur Porta vollkommen offen, sondern es konnten auch die zwischen den Leberlappen verlaufenden grösseren Blutgefässe vor der Compression geschützt werden. Schon vor dem Aufbinden der Leber waren in die Blutgefässstämme drei möglichst entsprechende Glascanüle eingefügt; die

der Lebervene entsprechende Röhre war, aus einleuchtenden Gründen in das Herzende der *vena cava inferior* oberhalb des Zwergfelles eingesetzt, nachdem dieselbe vor dem Eingang in die Leber sorgfältig unterbunden war. Das aus dem obern Ende der *vena cava inferior* hervorgehende Rohr war doppelt rechtwinklig gebogen, in der Mitte seines horizontalen Stückes befand sich eine verschliessbare Öffnung. Ich bemerke sogleich, dass diese zum Auslassen der Luftblasen dienen sollte, welche aus der Leber durch den Strom herausgeführt wurden. Die drei Glascanülen wurden nachdem die Leber fixirt war, mittelst Kautschuk-Schläuchen an die Metallröhren des Apparates *c*, *d*, *e* befestigt. An das Ende der letzten, welche unter dem Blechteller hervorragten, konnten diejenigen Stücke angefügt werden, welche das Zu- und Abfliessen zur Leber besorgen sollten. Den Zufluss liess ich aus einer entsprechend weiten und langen senkrechten Röhre geschehen, deren Inhalt kalibrirt war. Die Figur zeigt die Art und Weise ihrer Aufstellung.

Über die Leber konnte eine geräumige Glasglocke gestülpt und diese durch die Schrauben und Haken *k* auf den Teller festgestellt werden. Die Verbindung zwischen den ebenen Rändern der Glocke und des Tellers war luftdicht herzustellen mittelst einer ringförmigen Lederscheibe, die zwischen beide gelegt wurde. Bei dem Versuche, der einen luftdichten Verschluss verlangte, umgab ich auch die Röhre, welche den Träger der Leber führte, mit einem Kautschukschlauch, der auf die Röhre und den Stab *g* fest gebunden werden konnte. Wollte man nach Herstellung des luftdichten Verschlusses den Luftdruck um die Leber ändern, so hatte man nur nöthig durch die Röhre *l*, welche mit dem Kautschuk verschlossen werden konnte, Luft einzublasen oder auszuziehen. Ein an die Seitenöffnung des Schlauches gesetztes Quecksilbermanometer gab die Spannung an, welche die Luft unter der Glocke besass.

Um die Leber zum Versuche vorzubereiten, befreite ich ihre Gefässe von Gerinnseln und Blut, indem ich eine verdünnte Gummilösung durch dieselbe gehen liess; ich führte diesen Strom unter geringeren Druck, sowohl von der *Arteria hepatica* und *Vena portarum* zur *Vena hepatica* als auch in umgekehrter Richtung; erst dann, wenn die Flüssigkeit nach beiden Richtungen farblos abfloss und die Leberoberfläche überall ein blutfreies reines Gelb zeigte, erklärte ich das Auswaschen für beendet. Diese Operation muss sehr

sorgfältig geführt werden, damit nirgends eine Zerreissung eintritt, sie dient zugleich dazu, um diejenigen kleinen Collateraläste aufzufinden, welche mit dem Lebergefässsystem in Verbindung stehen und beim Ausschneiden der Leber verletzt waren; diese Ästchen müssen sorgfältig unterbunden werden. Wenn die Leber durch mehrstündiges Auswaschen mittelst der dünnen Flüssigkeit von Blut befreit ist, so ist sie auch beträchtlich aufgequollen. Diese Quellung ruft auch eine bedeutende innere Spannung hervor; um diese auszugleichen, lässt man dann die Leber etwa 12 — 16 Stunden in einem durch Eis gekühlten Raume stehen, in dieser Zeit fliesst die Flüssigkeit allmählich ab. — Die Flüssigkeit, welche ich zu dem definitiven Versuche benützte, war eine sehr concentrirte zähe Lösung von Gummi arabicum; sie wurde durch Eindampfen einer dünnen wohl filtrirten Lösung auf dem Wasserbade bereitet; sie führte allerdings eine bedeutende Stromhemmung ein, sie gewährte dagegen den Vortheil, dass sie leichter und billiger herstellbar ist, als jede andere, welcher die Aufgabe gestellt ist, während des Stromes jegliche Filtration zu vermeiden, eine Bedingung, welche natürlich durchaus erfüllt sein muss. Diese concentrirte Gummilösung führt man unter einem beliebigen Druck so lange durch die Leber, bis alle in ihren Gefässen enthaltene Luft vollständig entfernt ist. Beginnt man nun den Versuch unter einem constanten Druck, so macht man alsbald die Bemerkung, dass die in der Zeiteinheit aus der Lebervene kommende Flüssigkeitsmenge, trotz constantem Druck sich mit der Dauer des Versuches ändert, und dass erst nach 10 und mehr Minuten die Geschwindigkeit des Stromes in der Lebervene eine constante wird. Dieselbe Bemerkung macht man, wenn man von einem zum andern Druck übergeht und namentlich ist die im Beginne ausströmende Menge grösser, als die später kommende, wenn der vorhergehende Druck grösser war. Im anderen Falle ist sie dagegen kleiner; der Grund dieser Erscheinung liegt offenbar darin, dass die Lebergefässe erst allmählich den Grad der Ausdehnung annehmen, welcher dem angewendeten Stromdruck entspricht. Daraus folgt die Regel, dass man die dem vorhandenen Stromdruck zukommende Ausflussmenge erst dann erhalten wird, wenn sich der Strom mit der Leberspannung in's Gleichgewicht gesetzt hatte. Den Eintritt dieses Zeitpunktes kann man entweder daraus erkennen, dass die Ausflussgeschwindigkeit constant geworden ist, oder noch besser

daraus, dass man die Menge der ein- und ausströmenden Flüssigkeit misst. Sind beide Mengen gleich und constant, so ist der gewünschte Zustand eingetreten. Sollte trotz der eingetretenen Gleichheit die Ausflussmenge noch fortwährend mit der Dauer des Versuches abnehmen, so würde dieses anzeigen, dass durch die Aufquellung der Leberzellen und die Anfüllung der Gallengänge das Strombett verändert wurde; in diesem Falle wäre jede Fortsetzung des Versuches so lange zu unterlassen, bis man die Gummilösung durch Eindampfen auf dem Wasserbade zu einem Grade eingedickt hätte, bei dem sie nicht mehr quellend wirken konnte.

Wenn man nun nach der besonderen Absicht fragt, welche ich mit den hydraulischen Versuchen verband, so erfolgt die Antwort, dass ich durch dieselben weder die wahren dem lebendigen Strom zukommenden Verhältnisse zwischen Drücken und Geschwindigkeiten und eben so wenig die gewöhnlichen hydraulischen Aufgaben lösen wollte, nach welchen die Änderung zwischen Druck und Geschwindigkeit aus den variablen Dimensionen der Röhren und dem Reibungs-Coëfficienten ihrer Wand abgeleitet werden soll. Ich beabsichtigte nur folgende Fragen zu lösen:

1. In welchem Verhältniss steht die mittlere Geschwindigkeit in der *Arteria hepatica* und *Vena portarum*, wenn die Drücke an den Einflussmündungen gleich gross sind; in diesem Versuche soll die mittlere Geschwindigkeit, die durch je eines dieser Gefässe in der Zeiteinheit geflossene Menge dividirt durch den Querschnitt des Stromrohres bedeuten.

Da es misslich erschien, den Durchmesser des Gefässes während des Stromes zu messen, so zog ich es vor, das Verhältniss der beiden Gefässlumina an mehreren Lebern zu bestimmen, deren zuführende Blutgefässe ich unter constantem Druck mit einer gleich concentrirten Leimlösung angefüllt hatte. Zur sicheren Untersuchung beider Gefässe waren beide Leimlösungen mit verschiedenen flüssigen Farbstoffen gefärbt. Nachdem die injicirte Leber erkaltet und durch Spiritus erhärtet war, fertigte ich mir Durchschnitte an, welche senkrecht gegen die Längenaxe der Gefässe gerichtet waren; dass diese letztere Bedingung erfüllt war, wurde daraus erkannt, dass die Gefässdurchschnitte vollkommen kreisrund waren. An vielen Schnitten von vier auf diese Weise vorbereiteten Lebern habe ich mit der Loupe und einem Glasmassstab sehr zahlreiche Messungen

vieler neben einander laufender Äste unternommen. Die Grenzen der Durchmesser der gemessenen Arterien lagen hierbei zwischen 0·20 und 1·65 Millim., die der Venenäste zwischen 7·00 und 0·75 Millim.; aus diesen Messungen ergab sich an allen Lebern, dass sich das Verhältniss der Arteria zur Vena zwischen 1 zu 3·75 — 1 zu 6·6 änderte. Diese eben gegebenen Grenzen bildeten jedoch die Ausnahme; in der Regel verhielten sich beide Durchmesser wie 1 zu 5. Ich glaube darum berechtigt zu sein, dieses letztere Verhältniss den folgenden Betrachtungen zu Grunde zu legen.

Um das Verhältniss der mittleren Geschwindigkeiten in beiden Gefässen zu finden, hatte man nach den eben hingestellten Voraussetzungen nur nöthig die Ausflussmenge aus der Pfortader mit dem 25fachen Werthe der Ausflussmenge aus der Leberarterie zu dividiren.

Da es von vorne herein wahrscheinlich war, dass der Strom in der Leberarterie, durch einen gleichzeitig bestehenden, in der Pfortader wesentlich geändert werden würde, so verfuhr ich theils so, dass ich den Strom an jedem von beiden Gefässen zu verschiedenen Zeiten erfolgen liess, theils aber auch so, dass der Strom gleichzeitig durch beide Gefässe floss. Bei dem letztern Verfahren mass ich die Ausflussmenge aus der Lebervene und zugleich am Einflussrohr in der Arterie die Menge des Abfliessens. Der letztgenannte Werth gab die Quantität des arteriellen Stromes; zog man ihn ab von dem aus der Lebervene ausgeflossenen Volum, so erhielt man das Stromquantum in die Pfortader.

Tab A. Ungleichzeitige Ströme durch die beiden Gefässe.

Druck in Millim.	Ausflussmenge durch die *Arteria hepatica*	Ausflussmenge durch die *Vena portarum*	Verhältniss der mittleren Geschwindigkeiten in beiden Gefässen; die in der Arterie = 1
400	0·73 K. C.	45 K. C.	2·4
600	1·10 „	65 „	2·4
800	1·47 „	90 „	2·5

Tab. B. Gleichzeitiger Strom durch die beiden Gefässe.

Druck in Millim.	Ausflussmenge aus der *Arteria hepatica* im Verlaufe v. 5 Minuten	Ausflussmenge aus der Lebervene im Verlaufe v. 5 Minuten	Verhältniss der mittleren Geschwindigkeiten in beiden Gefässen; die in der Arterie = 1
400	0·18 K. C.	12·2 K. C.	2·7
350	0·13 „	9·4 „	2·9
300	0·09 „	6·1 „	2·0
250	0·04 „	3·9 „	4·0

Diese Zahlen zeigen jedenfalls, dass der Strom durch die Leberarterie mit viel grösseren Widerständen zu kämpfen hat, als der venöse; denn der erstere steht gegen den zweiten an mittlerer Geschwindigkeit um mindestens das Doppelte zurück.

Zum Beweise für die geringe Geschwindigkeit des Stromes durch die Leberarterie im Verhältniss zu dem durch die Pfortader kann auch noch folgender Fall meines Tagebuches herbeigezogen werden.

Druck in der *Arteria hepatica* in Millim.	Ausflussgeschwindigkeit im Verlaufe v. 5 Minuten	Druck in der *Vena portarum* in Millim.	Ausflussgeschwindigkeit im Verlaufe v. 5 Minuten
850	0·55 K. C.	400	26·45 K. C.
850	0·46 „	600	31·58 „

2. Unsere Versuche liefern auch den Beweis, dass der Strom durch die *Art. hepatica* beeinträchtigt wird, wenn gleichzeitig ein solcher durch die *Vena portarum* geht.

Tab. C.

Druck in der *Arteria hepatica* in Mill.	Ausflussmenge im Verlaufe v. 5 Min. in K. C.	Druck in der *Vena portarum* in Mill.	Druck in der *Arteria hepatica* in Mill.	Ausflussmenge im Verlaufe v. 5 Min. in K. C.	Druck in der *Vena portarum* in Mill.	Druck in der *Arteria hepatica* in Mill.	Ausflussmenge im Verlaufe v. 5 Min. in K. C.	Druck in der *Vena portarum* in Mill.
880	2·70	0	850	1·15	0	850	1·15	0
—	2·30	200	—	0·92	200	—	0·92	200
—	2·20	400	—	0·46	400	—	0·55	400
—	2·00	600	—	0·23	600	—	0·46	600

Aus naheliegenden anatomischen Gründen haben die Ergebnisse der unter 1 und 2 vorliegenden Beobachtungen nichts Auffallendes. Der arterielle Strom muss in der Leber einen grössern Widerstand finden, als der venöse, weil die Arterie in ihren Stämmen und Zweigen viel enger ist, als die Vene in den entsprechenden, noch mehr aber darum, weil der arterielle Strom vor seinem Eintritt in die Capillaren der Leberinseln erst das ernährende Capillarnetz der Leberwandungen zu durchsetzen hat.

Die Beeinträchtigung aber, welche der arterielle Strom vom venösen erfährt, kann zwei Gründe haben: Einmal hindert im straffen Gewebe der Leber die Spannung der Pfortaderzweige, die Ausdehnung der Leberarterie, respective die Ausdehnung des capillaren Stromnetzes auf den Wandungen der Vene. Andererseits muss aber auch das Einfliessen in das Inselnetz von der Arterie aus durch den Strom von Seiten der *Vena portarum* gehindert werden.

Die unter Umständen grosse Hemmung, welche der Strom der Leberarterie erfährt, kann aber auch von physiologischer Bedeutung sein. Offenbar kann nämlich wegen des veränderlichen Widerstandes, welchen das Blut der Darmarterien in den Capillaren der Eingeweide findet, der Druck mit dem das venöse Blut in der Leber strömt, ein sehr veränderlicher sein. Sinkt der Druck in derselben, so wächst dafür der Strom durch die Arterie und ersetzt der Leber wenigstens theilweise den geschwächten Zufluss von der Pfortader; zugleich vermindert auch dann der rasche Abfluss durch die *Arteria hepatica* die stärkere Spannung in den Darmarterien.

3. Da nun aber die vorliegenden Versuche die relative Bedeutungslosigkeit des arteriellen Stromes dargethan haben, so wendete ich meine Aufmerksamkeit vorzugsweise dem venösen Strome zu; namentlich schien es mir wichtig zu untersuchen, wie sich der Venenstrom änderte, mit dem veränderlichen Füllungszustand der Leberzellen und der Gallengänge, und mit dem veränderlichen Druck, der auf der Oberfläche der Leber lastet.

Um den Strom bei veränderlicher Anfüllung der Gallengefässe zu untersuchen, setzte ich in den *Ductus choledochus* ein senkrechtes Rohr, welches ich mit concentrirter Gummilösung bis zu der gewünschten Höhe anfüllte; hierbei machte ich die jedem praktischen Anatomen bekannte Bemerkung, dass die Flüssigkeit in dem senkrechten Röhrenschenkel unterhalb gewisser Grenzen einen constanten Stand

behauptete; war dieselbe überschritten, so sank der Druck plötzlich ab. Offenbar waren dann die Blut- und Lymphgefässe, die sich auf den Gallengängen verbreiten, zerrissen.

Die so angestellten Versuche ergaben folgendes Resultat:

Tab. D.

Druck in der Pfortader in Millim.	Ausfluss aus der Lebervene im Verlaufe v. 5 Min. in K. C.	Druck d. in den Gallengängen vorhandenen Flüssigkeit in Millim.	Druck in der Pfortader in Millim.	Ausfluss aus der Lebervene im Verlaufe 5 Min. in K. C.	Druck d. in den Gallengängen vorhandenen Flüssigkeit in Millim.
320	6·60	200	320	8·30	60
—	5·55	305	—	7·70	85
—	4·80	400	—	5·88	150
—	4·40	500	—	5·50	250
—	4·40	600	—	5·50	310
—	—	plötzlich gesunken	—	4·40	415
					500 plötzlich gesunken

Aus diesen Versuchen geht deutlich hervor, dass durch eine Hemmung im Ausflusse der Galle der Pfortaderstrom um ein sehr Merkliches beeinträchtigt ist.

Auf eine ähnliche aber noch einflussreichere Weise wirkt die veränderliche Anfüllung der Leberzellen; leider stand mir kein Mittel zu Gebote, um die veränderliche Anfüllung der Leberzellen zu messen. Einen qualitativen Massstab gewährt jedoch der Härtegrad der Leber; diesen suchte ich dadurch veränderlich zu machen, dass ich auch durch die Pfortader Ströme einer dünnen Gummilösung unter verschiedenem Drucke führte und hinter dem bald hohen bald niedern Drucke immer wieder unter denselben Druck durch die Pfortader strömen liess. Beispielweise also die Ausflussmenge aus der Lebervene beim Druck von 400 Millim. aus der Pfortader mass, nachdem vorher der Reihe nach ein Druck von 200, 600, 800 Millim. gewirkt hatte.

Ich fand dabei constant, dass derselbe Druck, wenn er unmittelbar unter höherem folgte, eine geringere Ausflussgeschwindigkeit erzielte, als wenn ein niederer vorausgegangen ward. Dass diese Erscheinungen auf eine Hemmung des Strombettes von Seite der

Leberzellen bezogen werden muss, ergibt sich daraus, weil die Gallengänge und die Lymphgefässe dabei vollkommen leer blieben.

Da im physiologischen Zustande die Leber wegen veränderlicher Füllung ihrer Zellen sehr beträchtliche Variationen ihres Volums erfährt, so ist diese Erscheinung von grosser Wichtigkeit; man sieht sogleich ein, dass der Füllungsgrad der Leber ein Mittel abgibt, um den Blutstrom durch dieselbe zu regeln; in wiefern diese Minderung des Blutstromes von Einfluss auf die Zellenfunctionen ist, müssen wir freilich dahingestellt sein lassen.

Die Mehrung des äussern Druckes endlich suchte ich den natürlichen Verhältnissen entsprechend, und namentlich der veränderlichen Stellung des Zwergfelles und der ungleichen Anfüllung der Baucheingeweide gemäss dadurch zu erzielen, dass ich den Luftdruck unter der Glocke mehrte. Diese Druckerhöhung konnte nur von Einfluss auf das Strombett in der Leber sein, da die Pfort- und Leberadermündungen ausserhalb der Glocke sich befanden. Die Versuche ergaben folgendes Resultat:

Tab. E.

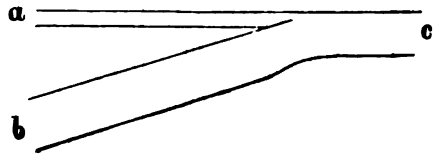
Druck in der Pfortader in Millim. Lesung	Ausflussmenge aus der Lebervene im Verlaufe von 5 Minuten	Höhe des Luftdruckes auf die Leberoberfläche in Quecksilber-Millim.	Druck in der Pfortader in Millim. Lesung	Ausflussmenge aus der Lebervene im Verlaufe von 5 Minuten	Höhe des Luftdruckes auf die Leberoberfläche in Quecksilber-Millim.
320	6·60	0	320	8·40	0
—	3·30	10	—	5·50	10
—	1·40	20	—	1·66	20

Man sieht, welch grosse Hemmungen geringe Änderungen des äusseren Druckes besitzen.

Abgesehen von allen anderen Folgen, die die drei erwähnten Umstände: Anfüllung der Gallengänge, Schwellung der Leberzellen und Druck auf die Leberoberfläche auf die Thätigkeit der Leber hervorrufen können, haben sie eine grosse Bedeutung für den Strom des Blutes in sämmtlichen Unterleibseingeweiden und möglicher Weise sogar auf den Strom in allen übrigen Gefässen. Durch die Stromhemmung in der Leber muss die Spannung in den Darm-

gefässen erhöht werden, und so könnte es kommen, dass durch die in Folge der Verdauung herbeigeführte Leberschwellung die Darmgefässe zum Strotzen gebracht werden. Die Hemmung in der Leber muss aber auch die Spannung im übrigen arteriellen Systeme erhöhen, und aus bekannten Gründen, vorzugsweise in den Schlagadern, die den Darmarterien zunächst liegen: in dieser Rücksicht verdient in erster Ordnung die Nierenarterie genannt zu werden.

Zum Schlusse dieser Durchströmungsversuche will ich noch eine Erfahrung über den Seitendruck anfügen, die mir nicht unwichtig scheint. Ich setzte wiederholt ein Manometer in die Leberarterie, während der Strom von der Pfortader zur Lebervene, oder auch umgekehrt, ging; hier wurde niemals ein Aufsteigen der Wassersäule im Manometer der Arterie bemerkt, selbst wenn man den Strom Stunden lang durchführte; daraus muss man schliessen, dass die Verbindung zwischen der Leberarterie und den Capillaren der Leberinseln durch einen Strom in den Venen geschlossen wird, eine Thatsache, welche schon in den obigen Erfahrungen angedeutet wurde. Dass das Manometer in der Lebervene, während der Strom von der Leberarterie zur Pfortader ging, so erreichte dasselbe einen viel niederern Stand, als wenn das Manometer in der Pfortader sass und der Strom von der Arterie zur Lebervene lief. Stellt man sich nach der Angabe der beistehenden Zeichnung unter



a die Leberarterie, unter *b* die Pfortader, unter *c* die Lebervene vor, so deutet der Versuch darauf hin, dass der Übertritt der Flüssigkeit aus der Arterie in der Pfortader leichter sein müsse, als aus der Arterie in die Lebervene.

Diese Beobachtung findet sich in Übereinstimmung mit der bekannten, anatomischen Thatsache, dass das Blut der Leberarterie, bevor dasselbe die Leberinseln eingeht, mit dem Blute der Pfortader communicirt.

II.

An diese Versuchsreihe an den todten Lebern sollte sich anschliessen eine Reihe von Beobachtungen an dem lebenden Organ. Da bekanntlich absolute Geschwindigkeitsbestimmungen des Blut-

stromes mit grossen Unsicherheiten behaftet sind, so war ich beschränkt auf Bestimmungen des Druckes und auf Beobachtungen der Störungen, welche nach Unterbindung der Gefässe, namentlich der Leberarterie eintreten. Meine Zeit hat mir jedoch nur erlaubt die letztere Reihe von Beobachtungen auszuführen.

Die Methode, nach welcher die Unterleibsarterien im physiologischen Institute der Josephs-Akademie unterbunden werden, stellt sich die Aufgabe, jene Operationen zu vollenden, ohne dass die Unterleibseingeweide vor die Bauchdecken gebracht werden. Dieses Ziel ist immer dadurch zu erreichen, dass man einen katheterartig gebogenen Kupferdrath an seiner krummen Spitze platt schlägt, die Schärfen des Randes abrundet und dann die platte Stelle durchbohrt; die Durchbohrung muss einen starken Faden aufnehmen können. Diesen Stab führt man gegen die betreffende Arterie und durchbohrt mit dem stampfen Rande, indem man einen Finger der andern Hand entgegenhält, das Peritoneum hinter dem Gefässe; dann hebt man die Faden tragende Spitze bis in die Bauchwunde und zieht ein Ende des Fadens heraus, bringt dann den Stab hinter der Arterie zurück und schnürt zu. Die einzige Schwierigkeit, welche sich der Ausführung dieses Verfahrens entgegensetzt, besteht im Aufsuchen der einzelnen Arterien an einem Orte, an welchem sie möglichst isolirt und ohne Zerstörung wichtiger Nebengebilde umstochen werden können.

Den Stamm der Leberarterie kann man äusserst leicht auffinden, wenn man bei kleinen Hunden eine zollgrosse Öffnung in der *Linea alba* unterhalb des *Processus xiphoideus* angebracht hat; führt man den Finger an die concave Leberfläche, so fühlt man alsbald die Leberarterie pulsiren und indem man der Pulsation nachgeht, gelangt man leicht an die Stelle, an welcher die Leberarterie aus der Cölinca hervorgeht. An ihrem Ursprunge liegt sie von einem starken Nervenbündel umschlossen; will man Gefäss und Nerven zugleich abbinden, wie ich dies meist gethan habe, so hat die Operation weiter keine Schwierigkeit; will man dagegen die Nerven abtrennen, so muss man die Arterie hervorziehen und die Isolation in der Wunde vornehmen; diese Handgriffe können nur bei sehr kleinen Hunden ausgeführt werden. Hat man aber den Stamm der Arterie unterbunden, so ist die Zufuhr des Arterienblutes nicht vollständig unterbrochen, weil die Anastomose der Leberarterie

mit der *Pancreatico duodenalis* noch offen steht. Da diese Anastomose bei Hunden keineswegs eine grosse ist, so wird wahrscheinlich die Zufuhr des arteriellen Blutes durch die Unterbindung des Stammes sehr vermindert. Will man aber auch diesen Zufluss abschneiden, so muss man unmittelbar vor oder nach der Theilung der Arterie in ihre Äste den Faden anlegen; da aber an jener Stelle Pfortader und Gallengänge innig an die Arterie anliegen, so ist es gerathen, hier die Unterbindung nur dann vorzunehmen, während man das Gefäss vor Augen hat. Um auch dieses bei einer Bauchwunde von den oben angegebenen Dimensionen und ohne Hervorziehung von Baucheingeweide möglich zu machen, lege man vorgängig einen Faden unter den Arterienstamm und ziehe mit Hilfe desselben die Arterie bis zu ihrer Theilung in die Bauchwunde. Indem man sich durch einen Gehilfen die Arterie in der Wunde fixiren lässt, kann man die Unterbindung der einzelnen Äste nach Belieben ausführen. Hat man sich einige Übung erworben, so folgt auf die Operation öfter nur eine gelinde Peritonitis.

Wenn ich aus meinen Beobachtungen das Resultat ziehe, so ergibt sich, dass in den Fällen, wo nur der Stamm der Arterie unterbunden war, gar keine nachtheiligen Folgen eintreten, wenn man die abrechnet, welche unmittelbar durch die Operation herbeigeführt wurden.

Überlebten die Thiere diese Peritonitis, so nahmen sie wieder Futter zu sich ein, tödtete man die Thiere, so wurde die Leber ganz normal gefunden. Wurde dagegen die Arterie jenseits der Anastomose mit der *Pancreatico duodenalis* unterbunden, so fanden sich 24 Stunden nach der Unterbindung in der Leber einzelne apoplectische Blutergüsse; untersuchte man 48 Stunden nach der Operation, so waren in grösserer oder geringerer Ausdehnung fettige Degenerationen des Lebergewebes da. Waren die Leberzellen noch vorhanden, so waren sie mit stark lichtbrechenden Tropfen gefüllt, welche sich in Äther lösten; noch später waren auch die Leberzellen verschwunden und durch eine fettige Masse ersetzt. Zwischen den degenerirten Lebermassen lagen andere vollkommen normale zwischen inne.

Da man behauptet hat, dass durch Unterbindung der Leberarterie die Gallenabsonderung unterdrückt werde, so habe ich natürlich auf diesen Punkt meine besondere Aufmerksamkeit gerichtet;

in keinem einzigen Falle habe ich jedoch eine Thatsache bemerkt, welche auf eine Störung der Gallenabsonderung hätte schliessen lassen, wie und wo auch die Leberarterie des Hundes unterbunden war, in allen Fällen war die Blase mit Galle gefüllt, die sich zu den gewöhnlichen Reagentien der normalen ganz gleich verhielt, und eben so enthielt der Darmcanal einen gallig gefärbten Inhalt.

Die Resultate meiner Versuche erwecken nun allerdings nicht einmal den Verdacht, als ob die Leberarterie an der Gallenbildung betheiligt sei. Sie sind aber auch nicht dafür beweisend, dass sich die Leberarterie der Gallenbildung enthalte; endlich sind sie auch nicht im Widerspruche mit den Beobachtungen von Kottmeyer, nach welchen bei dem Kaninchen wenigstens die Galle als ein Product des arteriellen Blutes angesehen werden sollte.

Übereinstimmend mit dem letztern fand ich, dass auch beim Hund die Unterbindungen zu Degenerationen der Leber führen; diese Zerstörungen scheinen ganz den Weg einzuschlagen, den man auch in anderen Organen, z. B. in der Niere verfolgen kann, wenn ihre Arterienstämme unterbunden wurden. Es scheint, dass aber auch in der Leber des Hundes der Zerstörungsprocess langsamer vorschreitet, als in der des Kaninchens, gerade so, wie es unter ähnlichen Umständen in der Niere der beiden Thiere der Fall ist.

Dieser Umstand lässt es erklärlich erscheinen, dass in meinen Versuchen die Leber noch Galle enthielt, während sie in den von Kottmayer angestellten nicht mehr aufzufinden war. Auch bei meinen Hunden wäre gewiss keine Galle mehr dagewesen, wenn der fettige Zerfall des Organs noch weiter fortgeschritten sein würde.

Fasst man unter dem eben hingestellten Gesichtspunkte, den schon Küthe geltend gemacht hat, den Zusammenhang zwischen dem arteriellen Blut und der Gallenbildung auf, so würde derselbe nur ein sehr indirecter sein; er würde darauf hinauslaufen, dass die Arterie das gesunde Bestehen derjenige Apparate möglich machte, welche aus dem Blute der Leberinseln die Galle abscheiden. Mit der Annahme, dass die Leberarterie das Ernährungsblut des Lebergerüstes führt, stimmt nicht allein der bekannte Verlauf ihres ersten capillaren Systems überein, sondern auch die im ersten Theile dieser Abhandlung niedergelegten Erfahrungen über die relative Geringfügigkeit des Blutstromes, der in der Leberarterie kreist und endlich die Thatsache, dass das Venenblut aus den Leberinseln nicht in

die Leberarterie zurückfliessen kann — denn diese Blutart ist bekanntlich zur Ernährung der Gewebe nicht geschickt.

Wollte man nun aber die Meinung aussprechen, dass die eben hingestellten Wahrscheinlichkeitsgründe durch die auch nach der Unterbindung aufgefundene Anwesenheit von Galle zum vollkommenen Beweis dafür ergänzt wurde, dass die Leberarterie zur Gallenbereitung nicht nothwendig ist, so würde man mit Recht einwenden können, dass die Zeit, welche in meinem Versuche zwischen der Unterbindung und dem Tode der Thiere verstrichen war, möglicher Weise viel zu kurz gewesen sei, als dass die in der Leber von früheren Secretionsacten her angehäufte Galle schon hätte verschwinden können.

Aus allem diesem folgt, dass die vorliegende Frage nur durch Messungen erledigt werden kann, welche die Abhängigkeit der Gallenabsonderung von der Änderung im Arterienstrom feststellen. Die dauernde oder vorübergehende Unterbindung der Arterie muss also gleichzeitig mit der Anlegung von Gallenfisteln vorgenommen werden: diese Versuche behalte ich mir für die nächste Zukunft vor.

Versuche mit Unterbindungen der Leberarterie.

1. Versuch. Die Ligatur wurde an zwei Stellen angelegt und die Wunde zugenäht, das Thier war ganz munter, trank Wasser, nahm aber keine Nahrung ein. Nach 48 Stunden wurde das Thier getödtet. Autopsie: In der Bauchhöhle ist eine leichte Stufe einer Peritonitis zu bemerken und nur ein schwach trübes Exsudat vorhanden. Die Gefässe aller Bauchorgane sind nicht übermässig mit Blut gefüllt. Der Hauptstamm der Leberarterie und ein zweiter ziemlich dicker Stamm, der zur Gallenblase und linken Leberhälfte geht, sind vollständig unterbunden. Die Leber zeigt an der Oberfläche stellenweise Substanzverluste mit Durchbohrung ihres serösen Überzuges; an einzelnen Stellen ist die Lebersubstanz heller. Die Gallenblase ist mit gelbbrauner Galle gefüllt; die Contenta der Gedärme sind von Galle gefärbt.

2. Nach Unterbindung der Leberarterie war das Thier munter, frass sogar etwas, es wurde nach 48 Stunden getödtet. Autopsie: Eine bedeutende Peritonitis mit sehr schwachem Exsudat. Das Netz, schmutzig roth, ist an der Stelle der Ligatur durch ein ziemlich festes Exsudat mit den in die Leber tretenden Gefässen verlöthet; die anderen Organe sind bis auf eine leichte Peritonitis nicht abnorm. Unterbunden sind der Hauptstamm der Leberarterie und der Ast, welcher von der *Arteria pancreatico duodenalis* in den rechten Leberlappen geht.

Die Gallenblase ist mit Galle gefüllt. Die Lebersubstanz zeigt auf dem Schnitte gelbe Flecken, die allmählich in die Farbe der Lebersubstanz übergehen und von Mohnkorn bis Hanfsamen gross sind.

3. Das Thier zeigte nach der Unterbindung nichts von den früheren Fällen sich unterscheidendes und wurde nach 48 Stunden getödtet. Autopsie: Heftige Peritonitis, das Exsudat im kleinen Becken und von beiden Seiten der Wurzel des Gekröses ist flüssig trüb. Die Leber ist an den Rändern gleichmässig dunkelroth, an der Oberfläche sind in einzelnen Stellen weisse Flecken, die, wie es auf dem Schnitte zu sehen ist, in die Substanz eindringen, selbst stellenweise die ganze Substanz durchsetzen und sich vereinigen. Manche Flecken sind bis ¼ Zoll breit. Die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass die Leberzellen mit Fett gefüllt sind, indem zwischen den Leberläppchen viel Fett vorhanden war. Die Gallenblase ist mit brauner Galle gefüllt; die Darmcontenta damit gefärbt. Unterbunden sind der Hauptstamm der *Arteria hepatica* und ein ziemlich dicker Stamm, der in den linken Leberlappen geht.

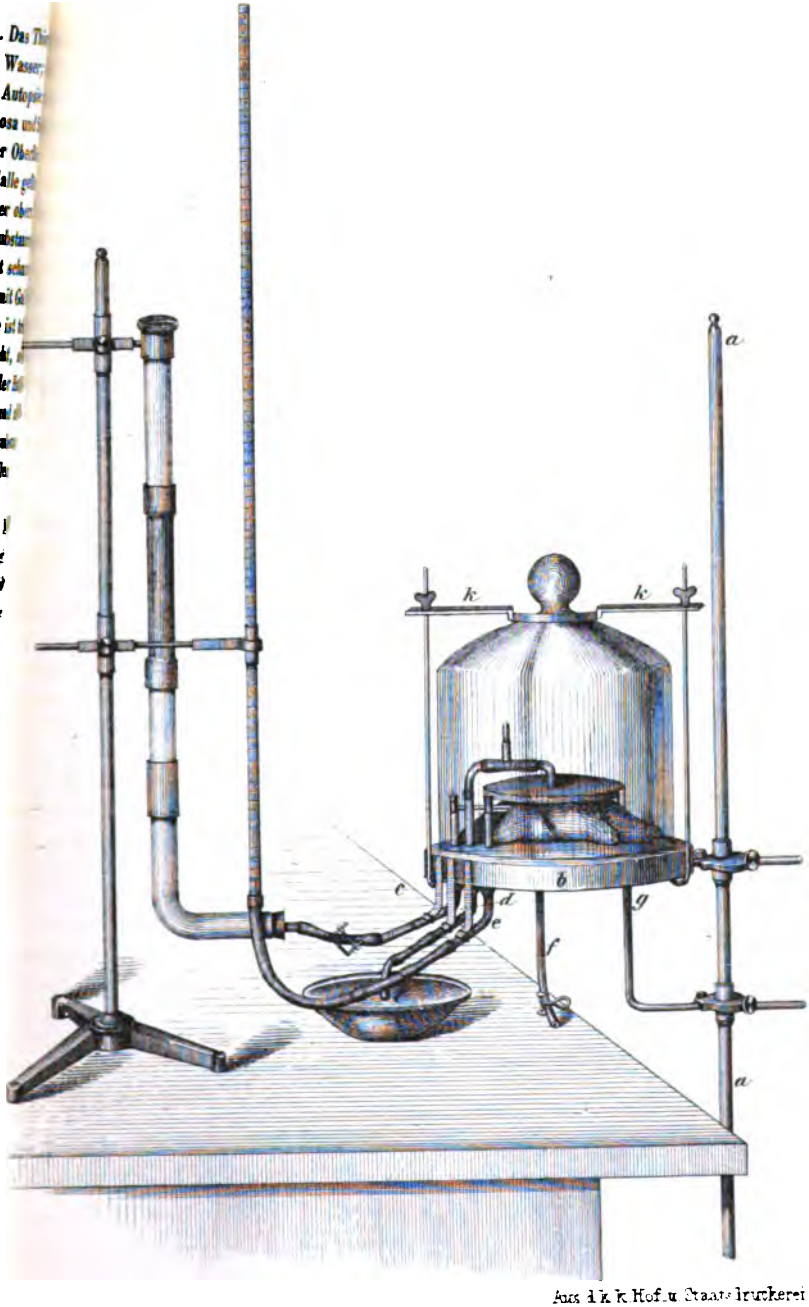
4. Die Arterie wurde an zwei Stellen unterbunden. Der Gesundheitszustand wie in früheren Fällen. Nach 26 Stunden wurde die Nath (wie gewöhnlich) von der Wunde abgenommen. Das Thier aber riss sich zufällig an einem scharfen Rand die Wunde auf, und starb nach 6 Stunden. Autopsie: 33 Stunden nach der Unterbindung. Eine heftige Peritonitis mit einem bedeutenden gelblichen dicken Exsudat. Alle Organe sind stark injicirt und stellenweise sind die Dünngedärme untereinander und mit dem Netz durch Exsudat zusammengelöthet. Unterbunden ist der Hauptstamm der *Arteria hepatica* und der Stamm der *Arteria cystica*, der zum linken Leberlappen geht. Die Leber ist an den Rändern dunkelbraun mit einem röthlichen Schimmer. Die Lebersubstanz zeigt viele weisse Flecken, theils mit scharfen, theils mit verwaschenen Rändern. In den weissen Flecken sind interlobuläre und centrale Gefässe ununterscheidbar; in den rothbraunen Stellen aber sind die Centralvenen stark injicirt. An der unteren Fläche des linken Leberlappens ist von der *Porta hepatica* ein weisser Fleck, der Drittheil des Lappens bedeckt und in dessen Parenchym die *Vasa interlobularia* kaum bemerkbar ist. Diese weisse Masse durchdringt, wie es auf dem Schnitte zu sehen ist, die ganze Dicke des linken Leberlappens. Die anderen Theile der Leber sind theils braun, theils roth gefärbt mit deutlich unterscheidbaren interlobulären Gefässen und stellenweise mit weissen Flecken von Mohnkorn- bis Erbsengrösse. Die Gallenblase ist mit dunkler Galle gefüllt; die Darmcontenta mit Galle gefärbt.

5. Ein weisser Hund lebte nach der Unterbindung der Arterie 43 Stunden. Autopsie: Bedeutende Peritonitis, das Exsudat ist mit Blut gefärbt. Die Erscheinungen in der Leber sind dieselben, wie in dem vorhergehenden Falle, nur dass die weissen Flecken nirgends confluiren, sondern im ganzen Leberparenchym zerstreut sind. Die mikroskopische Untersuchung zeigte Anwesenheit von Fett in den Leberzellen. Die Gallenblase ist mit Galle gefüllt; die Darmcontenta mit Galle gefärbt. Unterbunden sind der Hauptstamm der *Art. hepatica* und der Stamm der von der Theilung der *Art. hepatica* herrührend, ein Ast, der in den linken Leberlappen und die *Art. cystica* geht.

6. Die Arterie wurde an zwei Stellen unterbunden. Das Thier nahm in den ersten 34 Stunden keine Nahrung zu sich, trank aber Wasser; während den zweiten 24 Stunden frass es. Nach 54 Stunden starb es. Autopsie: Eine heftige allgemeine Peritonitis mit eitrigem Exsudat. In der Submucosa und Subserosa des Magens sind bedeutende Blutextravasate, eben so an der Oberfläche und im Parenchym der Milz. Im Magen befand sich Schleim von Galle gefärbt, eben so sind die Contenta der Gedärme gebräunt. Die Leber ist an der obern und untern Fläche bedeutend erweicht und zeigte an einzelnen Stellen Substanzverluste, die ziemlich tief in das Organ eindringen. Die Farbe der Leber ist schmutzig braun, weisse Flecken sind nirgends zu bemerken. Die Gallenblase ist mit Galle, die eine körnige Masse enthält, gefüllt. Die seröse Hülle der Gallenblase ist trübgelb, die Lebersubstanz ist an der Stelle der Gallenblase stark erweicht, so dass die Gallenblase sehr leicht davon zu trennen ist. Unterbunden sind der Hauptstamm der *Art. hepatica* und ein dicker Ast, der die *Art. cystica* gibt und zum linken Leberlappen geht. Die mikroskopische Untersuchung der Lebersubstanz zeigt eine Fettdegeneration der Leberzellen; an den erweichten Stellen sind die Leberzellen theilweise zerfallen und es findet sich dort viel Fett vor.

7. Einem kleinen Hunde wurde die Leberarterie unterbunden. Das Thier starb in weniger als 24 Stunden. Autopsie: Peritonitis nicht sehr heftig; die Milz zeigt sehr viele kleine Infarcte und stellenweise blassere Flecken. Die Leber ist blass, stellenweise zeigt sie Blutinfarcte, besonders auf der oberen convexen Fläche und an den scharfen Rändern. Viele Infarcte befanden sich auch in den der Gallenblase benachbarten Theilen. Die Gallenblase trübgelb mit normaler gelbbrauner Galle gefüllt; Darmcontenta mit Galle gefärbt. Die Leber zeigt auf dem Schnitte eine starke Blutüberfüllung der Centralgefässe. Unterbunden sind der Hauptstamm der *Art. hepatica* und der Stamm, der die *Art. cystica* gibt.

8. Einem kleinen weissen Hunde wurde die Leberarterie unterbunden. Das Thier wurde am 5. Tage getödtet. Autopsie: Die Wunde ist von Granulationen ausgefüllt; in der Bauchhöhle befindet sich ein dickes blutgefärbtes Exsudat in geringer Menge. Die serösen Überzüge der Gedärme und des Magens zeigen eine starke Blutüberfüllung der Gefässe. Die Leber hat die normale Farbe und nur in einzelnen Stellen zeigt sie gelbe Flecken, die aber nicht tief in's Parenchym eindringen. Auf der Oberfläche in der Nähe des *Ligamentum suspensorium* ist der seröse Überzug der Leber verdickt. Die Wandungen der Gallenblase sind ebenfalls verdickt, die Blase ist mit brauner Galle gefüllt, die Darmcontenta sind mit Galle gefärbt. Die mikroskopische Untersuchung der Leberzellen zeigt nichts abnormes und nur hie und da sind kleine Fetttropfen zwischen den Zellen zu bemerken. Unterbunden ist der Hauptstamm der Leberarterie an zwei neben einander liegenden Stellen.



Aus d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei

XX. SITZUNG VOM 17. JULI 1862.

Das c. M. Herr Prof. H. Hlasiwetz in Innsbruck übersendet folgende Abhandlungen:

a) „Beiträge zur Kenntniss einiger Fluorverbindungen" von Herrn L. Pfaundler.

b) „Über die Einwirkung des Broms auf Glycerin" von Herrn L. Barth.

Herr Dr. A. Schrauf übermittelt eine Notiz: „Zur Charakteristik der Mineralspecies Anhydrit".

Herr Dr. C. M. Diesing übergibt „Nachträge zur Revision der Turbellarien".

Herr Dr. A. Boué theilt mit, dass der Präsident der geographischen Gesellschaft in Paris, Herr d'Avezac, einen geschichtlichen Versuch über die seculare magnetische Declination herauszugeben beabsichtige, worin er auf die Boussole-Andeutungen in älteren geographischen Karten Rücksicht nehmen wird.

Herr Dr. J. Wiesner überreicht eine von ihm gemeinschaftlich mit Herrn Dr. Ad. Weiss verfasste Abhandlung: „Über das Verhalten des Kupferoxydammoniaks zur Stärke".

Herr Prof. Schrötter ergänzt seine in der Sitzung vom 10. Juli gemachte Mittheilung über das Thallium und spricht insbesondere über die Lage der grünen Linie desselben im Spectrum, sowie über die Leistungen des Spectralapparates mit neun Prismen.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin, Monatsbericht. Mai 1862, Berlin; 8°. — Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Meerschweinchens. Von C. B. Reichert. I. Abtheilung. Mit 8 Kupfertafeln. (Aus den Abhandlungen d. k. Ak. d. W. zu Berlin 1861.) 4°.

Astronomische Nachrichten Nr. 1369. Altona, 1862; 4°.

Austria, XIV. Jahrgang, XXVIII. Heft. Wien, 1862; 8°.

Bericht des k. k. Krankenhauses Wieden vom Solar-Jahre 1860. Mit 1 lith. und 34 gedruckten Tabellen. Wien, 1862; 4°.

Cosmos, XIe Année, 21e Volume, 2e Livraison. Paris, 1862, 8°.

Hoffmann, Robert, Ergebniss-Bericht der agricultur-chemischen Versuchsstation zu Prag im Jahre 1861. Prag, 1862; 4°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer. Herausgegeben unter Mitwirkung des Directoriums von Dr. F. Vorwerk in Speyer. Band XVII, Heft 4 und 5. Heidelberg, 1862; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XII. Jahrgang, Nr. 20. Wien, 1862; kl. 4°.

Mittheilngen aus J. Perthes' geographischer Anstalt, Jahrgang 1862. VI. Heft, nebst Ergänzungsheft Nr. 8. Gotha; 4°.

Mortillet, Gabriel de, Note sur le Crétacé et le Nummulitique des environs de Pistoja (Toscane). (Dal Vol. III. degli Atti della Società italiana di Scienze naturali in Milano.) 8°. — L'homme fossile. (Extr. de la Revue savoisienne, Avril 1862.) Annecy; 8°.

Plantamour, E., Observations astronomiques faites à l'Observatoire de Genève dans les années 1857 et 1858. Genève, 1861; 4°. — Résumé météorologique de l'année 1860 pour Genève et le Grand St. Bernard. (Tiré de la Bibliothèque Universelle de Genève, Août 1861.) Genève, 1861; 8°. — Note sur les variations périodiques de la température et de la pression atmosphérique au Grand St. Bernard. 8°.

Saint-Genois, Le Baron Jules de, Voyages faites en Terre Sainte par Thetmar, en 1217 et par Bouchard de Strasbourg, en 1175, 1189 ou 1225. (Extr. du T. XXV. des Mém. de l'Acad. R. de Belgique.) 4°.

Sharswood, William, The Miscellaneous Writings. Vol. I. Copy, Nr. 1; pp. 1 — 16. Philadelphia, 1862; 8°.

Society The Royal Dublin, Journal. Vol. III, Nr. 20—23. Dublin, 1861; 8°.

— The Royal Asiatic, of Great Britain & Ireland, Journal. Vol. XIX, Part. 3. London, 1862; 8°.

Survey, The Geological, of India, Memoirs. Vol. III, Part. 1. Calcutta, 1861; 8°. — Annual Report of the Geological Survey.

of India and of the Museum of Geology. Fifth Year, 1860, 1861. Calcutta, 1861; 8°.

Verein der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg, Archiv. 15. Jahr. Neubrandenburg, 1861; 8°.

Wiener medizinische Wochenschrift, XII. Jahrgang. Nr. 28. Wien, 1862; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft, XI. Jahrgang, Nr. 19. Gratz, 1862; 4°.

Beiträge zur Kenntniss einiger Fluorverbindungen.

Von L. Pfaundler.

(Vorgelegt in der Sitzung am 17. Juli 1862.)

Fluorsilber.

Trägt man in wässerige Flusssäure frisch gefälltes Silberoxyd bis zum Aufhören der sauren Reaction ein, und concentrirt die filtrirte Lösung auf dem Wasserbade in einer Platinschale, so scheidet sich jedesmal eine dünne graue Haut von metallischem Silber aus, und bei starker Concentration bilden sich in der Flüssigkeit messinggelbe, flimmernde Kryställchen, die als zusammenhängende Lamellen erhalten werden, wenn man das Eindampfen in einer Silberschale vornimmt, in welchem Falle sie einen Theil der Flüssigkeit wie eine ausgeschnittene, gelbe, ganz metallglänzende Scheibe bedecken, während ein anderer Theil den Boden der Schale so fest incrustirt, dass er selbst mit der Spatel nicht loszulösen ist.

Beim Stehen der stark concentrirten Fluorsilberlösung schiessen grosse, glashelle, harte, meistens in paralleler Richtung mit einander verwachsene Prismen an; diese endlich weiter erhitzt, entlassen Wasser und etwas Flusssäure und die missfarbig gewordene trockene Masse über einem Gasbrenner zusammengeschmolzen, gibt bleigraues, hygroskopisches, wasserfreies Fluorsilber.

A. Die krystallisirte, farblose Verbindung.

Sie ist ziemlich unbeständig, an feuchter Luft zerfliesslich, fast wie Chlorcalcium, gibt über Schwefelsäure, besonders unter der Luftpumpe, Flusssäure und Wasser ab, schwärzt sich von ausgeschiedenem Silber und verwandelt sich oberflächlich in die gelbe Verbindung. Sie lässt sich nicht wohl durch Abpressen zwischen Papier von der Mutterlauge befreien, da dieses von derselben nicht durchtränkt wird. Gläserne Gefässe, in denen man die Krystalle aufbewahrt, werden geätzt.

Ihre Zusammensetzung ist bereits von Fremy durch die Formel Ag Fl + 4 Aq. [1]) ausgedrückt worden. Die nachfolgenden Analysen bestätigen dieselben:

I. 1·0630 Grm. Substanz geben 0·7095 Grm. Silber.
II. 3·7408 „ „ „ 2·9133 „ geschmolzenes Fluorsilber.
III. 1·7574 „ „ „ 0·4335 „ Fluorcalcium.
IV. 0·9440 „ „ „ 0·2357 „ „

		Berechnet	Gefunden I.	II.	III.	IV.
Ag	108	66·25	66·74	—	—	—
Fl	19	11·65	—	—	12·01	12·15
$2H_2O$	36	22·09	—	22·12	—	—
	163	100·00				

Diese Analysen wurden mit einer Substanz ausgeführt, die durch Abspülen mit Mutterlauge gereinigt und durch zwölfstündiges Stehen über Schwefelsäure getrocknet war, ohne sich merklich zersetzt zu haben. Die Fluorbestimmung geschah in der Weise, dass man die Lösung mit kohlensaurem Natron versetzte, und das gefällte kohlensaure Silberoxyd mit Schwefelwasserstoff in Schwefelsilber verwandelte. Nach dem Abfiltriren desselben wurde Chlorcalcium im Überschusse hinzugefügt und der gemischte Niederschlag von Fluorcalcium und kohlensaurem Kalk abfiltrirt und ausgewaschen. Hierauf wurde er sammt dem Filter in einer Schale geglüht, und nach dem Erkalten der kohlensaure Kalk mit Essigsäure ausgezogen. Das so gereinigte Fluorcalcium wurde wieder auf einem Filter gesammelt, geglüht und gewogen.

Die Analyse II wurde unter der Annahme ausgeführt, das sich die krystallisirte Substanz nur unter Abgabe des Krystallwassers in wasserfreies Fluorsilber verwandle. Dies ist nicht ganz richtig, denn es entweicht auch etwas Flusssäure und Sauerstoff unter Ausscheidung von Silber. Dieser Verlust wird aber durch einen Theil zurückbleibenden Wassers mehr oder weniger compensirt. Erhitzt man noch stärker, so entweicht auch dieses Wasser mit Flusssäuredämpfen, und es hinterbleibt ein durch metallisches Silber verunreinigtes Fluorsilber.

B. Geschmolzenes Fluorsilber.

Das geschmolzene Fluorsilber ist demnach nie eine völlig reine Substanz; denn erhitzt man die wasserhaltigen Krystalle nur bis zur Temperatur des schmelzenden Bleies, so verlieren sie im Durchschnitt aus mehreren Versuchen $^1/_2$ Proc. weniger an Gewicht, als die Rechnung verlangt. Sie entlassen hiebei schon einen Theil des

[1]) Aq = $^1/_2 H_2O$.

Fluors in der Form von Flussäure, und eben so, wie aus späteren Versuchen hervorgeht, eine äquivalente Menge Sauerstoff. Da nun das Gewicht des Rückstandes nichts desto weniger fast mehr beträgt, als die Rechnung verlangt, so muss dieser Überschuss von einem Rückhalt an Wasser herrühren. Erhitzt man bei bedecktem Tiegel noch weiter bis zum vollständigen Fluss, so entweicht in der That dieses Wasser, wirkt aber zum Theil auch zersetzend auf das Fluorsilber, indem unter Ausscheidung von Silber Flusssäure und Sauerstoff frei werden. Von da an ist das Fluorsilber in verschlossenen Gefässen wenigstens durch Temperaturen, welche unter der Schmelzhitze des Silbers liegen, keiner weiteren Zersetzung unterworfen. Nimmt man aber die Erhitzung bei losem Verschluss des Tiegels vor, so wird die Zersetzung durch den Wasserdampf der Atmosphäre allmählich vervollständigt, indem sich nach und nach alles Fluorsilber nach der Gleichung:

$$2\,Ag\,Fl + H_2O = 2\,Ag + 2\,Fl\,H + O$$

zu metallischem Silber reducirt. Schnell geht diese Reduction vor sich, wenn man die Erhitzung auf einem Platindeckel unmittelbar über der Flamme vornimmt. Sie erfolgt noch vor dem Rothglühen des Deckels, insbesondere an den dünnen Schichten. Hiebei mögen die heissen Flammengase mitwirken.

Dass diese Zersetzung wirklich auf obige Weise stattfinde, wurde aus folgenden Versuchen erschlossen.

I. Auf einem Platinschiffchen wurde frisch geschmolzenes Fluorsilber in eine Glasröhre eingeschoben, durch welche ein Strom ganz trockene Kohlensäure geleitet wurde. Beim Erhitzen mit einem Gasbrenner bis zum starken Glühen des Inhalts war durchaus keine Veränderung zu bemerken.

II. Nun wurde der Kohlensäureapparat mit einem Gasometer vertauscht, der trockenes Sauerstoffgas lieferte. Es erfolgte keine Wirkung.

III. Eben so verhielt sich ganz trockene Luft.

IV. Als man aber ein Kölbchen mit warmem Wasser vor der Röhre einschaltete, begann sogleich die Reduction des Salzes, wobei das Glas von der entweichenden Flusssäure stark geätzt wurde.

V. Beim Darüberleiten von Leuchtgas geschieht die Reduction momentan.

VI. Durch den Hals einer Retorte aus Platin, in welcher frisch geschmolzenes Fluorsilber zum Schmelzen erhitzt wurde, waren zwei Röhren eingefügt, deren eine den Eintritt von Kohlensäure vermittelte, während die andere die austretenden Gase unter einen Recipienten leitete. So lange das Gas ganz trocken eintrat, entwich es unverändert durch die andere Röhre. Als man den Trockenapparat entfernte, trat sogleich Flusssäure auf, die sich durch Ein-

wirkung auf die Glasröhre in Fluorkieselgas umsetzte. Nachdem dieses sowie die Kohlensäure im Recipienten durch Kalilauge absorbirt worden war, hinterblieb ein Gasquantum, welches mit einem glimmenden Spahn die deutliche Reaction auf Sauerstoff gab.

VII. Fluorsilber in einer silbernen Röhre mittelst glühender Kohlen bis zum Silberschmelzpunkte erhitzt, liess keine Spur von Gas entweichen.

VIII. Eben so wenig entwickelte sich ein Gas beim Erhitzen in einer eisernen Röhre, sowie in der Platinretorte [1]).

IX. Wendet man zu diesen Versuchen feuchtes Fluorsilber an, so entwickelt sich beim Erhitzen anfangs Flusssäure, bis die Spur Wasser entfernt ist, worauf keine Veränderung mehr erfolgt.

Es lässt sich mithin auch begreifen, dass es nicht möglich ist ganz reines geschmolzenes Fluorsilber darzustellen, da die entweichenden Wasserdämpfe immer einen Theil desselben reduciren müssen. Stellt man eine grössere Menge dar, so ist es gar nicht zu vermeiden, dass sich an den heisseren Stellen eine bedeutende Menge ganz reducirt, während der übrige Theil noch wasserhältig ist. Die Analysen mussten daher den Silbergehalt bald über, bald unter der berechneten Menge ergeben. Man fand durch Titrirung mit einer Kochsalzlösung:

I. 0·6856 Grm.	entsprachen	48·44	CC.	einer	Lösung	von	der			
II. 0·924 „	„	68·43	„	„	„	„	„	1 CC. = 0·01063 Ag war.		
III. 0·6835 „	„	52·88	„	„	„	„	„			
IV. 0·6990 „	„	50·10	„	„	„	„	„			
V. 0·6092 „	„	50·10	„	„	„	„	„			

Ag Fl		Berechnet	Ag Fl + Aq.		Berechnet	I.	II.	III.	IV.	V.
Ag	108	85·04 %,	Ag	108	79·41 %	75·10	78·71	82·24	76·19	87·42
Fl	19	—	Fl	19	—	—	—	—	—	—
	127		Aq.	9						
				136						

Bei I, II, III und IV wurde nur die im Wasser lösliche Silbermenge bestimmt, bei V hingegen auch die beim Lösen in Wasser sich abscheidende Menge Silbers in Salpetersäure aufgelöst und nach genauer Neutralisation wie früher mit Kochsalz und chromsaurem Kali abtitrirt; daraus erklärt sich der grössere Werth von V.

Um auch den Fluorgehalt zu bestimmen, wurde eine indirecte Analyse angewendet. Eine gewogene Menge des krystallisirten wasserhältigen Salzes wurde in der Platinretorte bis zum Schmelzen erhitzt, die entweichenden Dämpfe in einer gemessenen Menge titrirter Kalilauge, in welche der Retortenhals unmittelbar tauchte, aufgefangen und hierauf die Menge der absorbirten

[1]) Reines Chlorsilber, denselben Versuchen unterworfen, wurde durch die Hitze eines Gasbrenners in verschlossenen Gefässen auch nach langer Einwirkung nicht im Geringsten reducirt. Aber auch durch Wasserdampf fand im Gegensatz zum Fluorsilber keine Reduction Statt.

Flussäure durch Zurücktitriren ermittelt. Der Gesammtverlust ergab sich durch das Zurückwägen der geschmolzenen Masse. Man fand:

Angewandte Substanz	Ag Fl + 4 Aq. = 2·7107 Grm.	
Gesammtverlust	„ „ 0·6575 „	= 24·25 %
Davon trifft auf 4 Aq. nach der Rechnung		= 22·09 %
Die Differenz gleich dem Verlust an Fluor		= 2·16 % (I.)

Von 40 CC. der Kalilauge, von welcher 1 CC. = 0·01868 HFl war, wurden gesättigt 3·7 CC., daraus berechnet sich das Gewicht der absorbirten Flussäure zu . . . . . 0·0691 Grm.
Darin sind enthalten Fluor . . . . . 0·06565 „ = 2·42 % (II.)

Die wasserhaltigen Krystalle verlieren also durch Erhitzen ausser dem Wasser noch 2·16 % Fluor (nach I.) und es berechnet sich hieraus für das zurückbleibende Fluorsilber die Zusammensetzung:

Silber	87·32	%
Fluor	12·68	
	100·00	

Die Formel Ag Fl verlangt 85·04 % Silber.

Demnach bestätigt sich für das geschmolzene Fluorsilber im Wesentlichen die Formel Ag Fl, nur enthält es jedesmal metallisches Silber als Verunreinigung. Es ist nicht spröde genug, um gepulvert werden zu können, lässt sich vielmehr manchmal in Platten schlagen und wie Blei mit der Scheere schneiden. An der Luft zieht es sogleich Wasser an, und es bilden sich dabei, während ein Theil zerfliesst, auf der Oberfläche gelbe Krystalle, die unten beschrieben sind.

Die wässerige Lösung zersetzt sich im Dunklen wie im Lichte (gegen welches es übrigens nicht besonders empfindlich zu sein scheint) ein wenig, wobei Glasgefässe geätzt werden und sich die Flüssigkeit von ausgeschiedenem Silber trübt.

Nimmt man die Erhitzung des geschmolzenen Fluorsilbers in einer gläsernen Röhre vor, die am unteren Ende zugeschmolzen ist, so reducirt sich dasselbe sehr bald zu metallischem Silber, während ein an der Luft rauchendes Gas entweicht. Die Röhre wird hiebei nur an der Stelle angegriffen, die von der geschmolzenen Masse berührt wird. Das entweichende Gas ist ein Gemenge von Fluorkieselgas und Sauerstoff, und entsteht möglicherweise nach der Gleichung:

$$4\,Ag\,Fl + Si\,O_2 = 4\,Ag + Si\,Fl_4 + 2\,O.$$

C. Gelbe Krystalle.

Sie entstehen am leichtesten beim Eindampfen der wässerigen Lösung in einer Silberschale, wobei sie aber so fest am Boden und den Seitenwänden anhaften, dass sie nicht davon abgelöst werden können. Ein Theil bedeckt jedoch den Rand der Flüssigkeit und lässt sich in Form von Blättchen, die an der Unterseite häufig schwarz sind, abnehmen. Beim Eindampfen in Platin hat man die Entstehung der Krystalle nicht so sicher in seiner Gewalt, aber dieselben haften dann nicht fest an den Wänden, sondern erfüllen die Flüssigkeit als flimmernde, messinggelbe Blättchen. In jedem Falle sind sie sehr schwierig rein zu erhalten, weil sie sich sowohl beim Benetzen mit Wasser, als auch beim Trocknen über Schwefelsäure sehr leicht zersetzen.

Aus geschmolzenem Fluorsilber entstehen sie durch Aufnahme von Wasser und Abgabe von Flusssäure. Man findet daher in der Regel geschmolzenes Fluorsilber, das in nicht vollkommen trockenen Gefässen aufbewahrt war, insbesondere an den Bruchflächen mit schönen, gelben Krystallen überzogen.

Dass hiebei keine Einwirkung von Seite des Sauerstoffes der Luft stattfindet, geht daraus hervor, dass in einer luftfreien aber mit feuchter Kohlensäure erfüllten Röhre die Bildung der Verbindung eben so rasch erfolgt wie an feuchter Luft. Auch die so entstandenen Krystalle sind nicht zu isoliren.

Endlich entstehen dieselben vorübergehend und in geringer Menge, wenn man die wasserhellen Krystalle der Verbindung Ag Fl + 4 Aq. über Schwefelsäure trocknen lässt. Dieselben erhalten hierbei einen gelblichen Überzug. Mit Wasser in genügender Menge zusammengebracht, lösen sich die gelben Krystalle unter Abscheidung von Silberoxyd. Von Letzterem scheint jedoch ebenfalls ein Theil in Lösung zu gehen. Eine solche Lösung gibt dann mit Kohlensauergas einen Niederschlag von kohlensaurem Silberoxyd, während eine reine Fluorsilberlösung unverändert bleibt. Das Gewicht des abgeschiedenen Silberoxydes ist wechselnd.

Diese Verhältnisse lassen auf die Zusammensetzung eines Oxyfluorides schliessen, womit auch folgende Analyse ziemlich übereinstimmt:

0·085 Grm. Substanz gaben beim Erhitzen 0·0725 Grm. Silber.

Ag Fl + Ag H Θ		Berechnet	Gefunden
Ag_2	216	85·71	85·29
Fl	19	—	—
H	1	—	—
Θ	16	—	—
	252		

Für die Wahrscheinlichkeit dieser Formel spricht noch der Umstand, dass die Substanz leichter in der Silberschale und überhaupt in solchen Lösungen entsteht, welche nicht stark sauer sind, ferner die Entstehung aus dem wasserfreien Fluorsilber unter Wasseraufnahme und Flusssäureabgabe, die durch folgende Gleichung ausgedrückt werden kann:

$$2\,Ag\,Fl + H_2\Theta = Ag\,Fl\,.\,Ag\,H\Theta + H\,Fl.$$

Endlich wird obige Formel noch durch die Analogie mit der von Finkener [1]) aufgestellten, des entsprechenden Quecksilbersalzes $Hg_2\,Fl\,H\Theta$ unterstützt.

Zu den interessantesten Verhältnissen des gewöhnlichen Fluorsilbers gehört die Leichtigkeit, mit welcher dasselbe seinen Silbergehalt an organische Säurehydrate abtritt. Eine mässig concentrirte Lösung desselben mit Lösungen solcher Säuren vermischt, gibt zur Bildung der Silbersalze derselben Veranlassung, welche sofort krystallinisch ausgeschieden werden, und bei der Schwerlöslichkeit der meisten dieser Salze hat man eine fast vollständige Fällung der Säure in der Form ihres Silbersalzes.

In der Regel erstarren die Flüssigkeiten zu einem dicken farblosen Krystallbrei, der mit kaltem Wasser abgespült und abgepresst, das Salz von fast vollständiger Reinheit liefert. Durch Umkrystallisiren entfernt man eine Spur anhängender Flusssäure.

Es wurden eine grosse Anzahl organischer Säuren in dieser Weise versucht und mit sehr wenigen Ausnahmen überall derselbe Erfolg erzielt.

Die Versuche wurden mit einer Fluorsilberlösung von 25 % Silbergehalt und daneben mit einer ganz gleich silberhältigen Lösung von Silber-

[1]) Zeitschrift für Chemie und Pharmacie 1861. S. 21.

salpeter angestellt. Bei Ameisensäure, Essigsäure, Chloressigsäure, Buttersäure, Valeriansäure, Önanthylsäure, Itaconsäure, Äpfelsäure, Pikrinsäure, Benzoësäure, Camphersäure und Isodiglycoläthylensäure entstand hiebei sogleich eine massenhafte krystallinische Ausscheidung, so dass in der Regel die Flüssigkeit breiartig wurde. Wendete man aber die Lösung des salpetersauren Silberoxydes an, so entstand keine Fällung.

Bei Bernsteinsäure, Weinsäure, Phloretinsäure, Salicylsäure, Brenzschleimsäure und Parabansäure zeigte sich ebenfalls massenhafte Fällung mit Fluorsilber, nur spurenweise oder erst nach längerem Stehen in geringer Menge, bei Anwendung des salpetersauren Salzes.

Bei Oxalsäure, Harnstoff und Alloxan war das Verhalten beider Lösungen anscheinend gleich. Gallussäure, Eichengerbsäure und Brenzkatechin wurden vom Fluorsilber schneller reducirt als vom salpetersauren Silberoxyd.

Da die Eigenschaften der erhaltenen Salze mit den Beschreibungen der, auf anderem Wege erhaltenen übereinstimmten, so schien es hinreichend nur folgende Controlbestimmungen auszuführen.

Essigsaures Salz:

0·4801 Grm. bei 100° getrocknet gab 0·3091 Grm. Ag = 64·38 %.

	Berechnet	Gefunden
$C_2 H_3 O_2$ Ag	64·67 %	64·38 %.

Chloressigsaures Salz:

0·4005 Grm. bei 100° getrocknet gab 0·2850 Grm. Ag Cl = 53·55 % Ag.

	Berechnet	Gefunden
$C_2 H_2 Cl O_2$ Ag	53·59 %	53·55 %.

Weinsaures Salz:

0·6194 Grm. bei 100° getrocknet gaben 0·3678 Ag = 59·38 %.

	Berechnet	Gefunden
$C_4 H_4 O_6$ Ag_2	59·34 %	59·38 %.

Die besprochene Erscheinung findet ihre Erklärung in der viel grösseren Löslichkeit dieser Salze in freier Salpetersäure als in Flusssäure, wie dies direct nachgewiesen werden kann.

Da die bisherige Darstellungsmethode der Silbersalze der organischen Säuren meistens die Anwendung eines andern Salzes derselben erforderte (um durch die Basis die frei werdende Salpetersäure unschädlich zu machen), so wird man in den meisten Fällen die Lösung des Fluorsilbers zur schnellen und bequemen Darstellung solcher Salze mit Vortheil anwenden können.

Da es nicht unmöglich schien, dass in Folge der Affinität des Silbers zum Chlor und der Unlöslichkeit des Chlorsilbers aus dem chlorsauren Kali mit Fluorsilber eine Sauerstoffverbindung des Fluors erhalten werden könne, dass also die beiden Substanzen nach der Gleichung:

$$\left.\begin{matrix}Ag\,Fl + Cl\,O_3\\ K\end{matrix}\right\} = Ag\,Cl + \left.\begin{matrix}Fl\,O_3\\ K\end{matrix}\right\}$$

auf einander reagiren könnten, so wurde versucht, äquivalente Mengen in wässeriger Lösung in zugeschmolzenen Glasröhren einer höheren Temperatur auszusetzen.

Schon bei 100° C. scheidet sich Silber ab, das die Wände schwarz überzieht, Chlorsilber wird keines gebildet, doch verschwindet das chlorsaure Kali und es entstehen beim Erkalten zweierlei Krystalle, von denen die einen als prismatische, etwas opake Nadeln erscheinen, die anderen gross, dick und ganz durchsichtig sind.

Krystallisirt man die ersteren nun, so zeigen sie sich identisch mit chlorsaurem Kali, sowohl in Form als Zusammensetzung.

Man fand:

0·5510 Grm. Substanz gab 0·393 Grm. schwefelsaures Kali.

		Berechnet	Gefunden
$\left.\begin{matrix}Cl\,O_3\\ K\end{matrix}\right\}$	83·5	—	—
	3·9	31·84	31·97

Die anderen dicken Krystalle haben sich nach den Analysen als ein Doppelsalz von der Zusammensetzung

$$\left[\begin{matrix}Cl\,O_3 & + & Cl\,O_3\\ K & & Ag\end{matrix}\right]$$

herausgestellt; man fand:

I. 0·3064 Grm. in Wasser gelöst gleichwerthig mit 10·15 CC. einer Silberlösung von der 1 CC. = 0·01063 Silber.
II. 0·4627 „ „ „ „ gleichwerth. mit 15·16 CC. derselben Lösung
III. 0·3320 „ gaben 0·0942 schwefelsaures Kali.

$\left[\begin{matrix}Cl\,O_3 & + & Cl\,O_3\\ K & & Ag\end{matrix}\right]$		Berechnet	Gefunden I.	Gefunden II.	Gefunden III.
Ag	108	34·39	35·21	34·82	—
K	39	12·42	—	—	12·80
2 Cl	71	22·61	—	—	—
6O	96	30·57	—	—	—
	314	100·00			

Die Bildung dieses Doppelsalzes lässt sich durch die Gleichung:

$$Ag\,Fl + 2\begin{pmatrix} Cl\,\Theta_3 \\ K \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} Cl\,\Theta_3 & + & Cl\,\Theta_3 \\ Ag & & K \end{bmatrix} + K\,Fl$$

ausdrücken. Eine Ausscheidung von Chlorsilber findet nicht Statt, wenn man auch die Flüssigkeit auf mehr als 200° C. erhitzt.

Jodsäure und Fluorsilber geben in wässeriger Lösung vermischt, eine Ausscheidung von jodsaurem Silberoxyd.

1·3000 Grm. Substanz geben 1·0670 Jodsilber.

		Berechnet	Gefunden
$J\,\Theta_3$	175	—	—
Ag	108	38·16	37·71 %
	283		

Das so dargestellte jodsaure Silberoxyd riecht getrocknet stark nach Ozon und bläut Jodkaliumkleister.

Beim Mischen von Bromwasser und einer wässerigen Lösung von Fluorsilber entsteht sogleich Bromsilber; folglich muss auch ein Äquivalent Sauerstoff entbunden werden:

$$2\,Ag\,Fl + H_2\,\Theta + 2\,Br = Ag\,Br + Fl\,H + \Theta.$$

Da eine Entwickelung desselben nur in sehr geringem Masse, dafür aber ein sehr starker Geruch nach Ozon wahrgenommen wird, so war noch zu beweisen, ob der im status nasc. befindliche Sauerstoff nicht einen Theil der Flusssäure oxydirt habe.

Um über die Menge des zurückgebliebenen Sauerstoffes ein Urtheil zu bekommen, wurde der Versuch quantitativ und zwar in folgender Weise ausgeführt. Durch den Kork eines kleinen Kölbchens, das mit Wasser zu ½ gefüllt war, wurde eine kleine tubulirte Retorte gesteckt, deren Tubulus durch eine Chlorcalciumröhre verschlossen war. Die Retorte enthielt einen Überschuss von Fluorsilber in wässeriger Lösung. Nachdem der Apparat gewogen war, wurde in das Kölbchen eine kleine Menge Brom gebracht und dessen Gewicht durch eine zweite Wägung bestimmt. Hierauf wurde durch Neigen des Apparates die Silberlösung in das Kölbchen übergebracht, wo die Reaction begann und in kurzer Zeit beendet war. Während dieser Operation war das Chlorcalciumrohr durch ein zweites vor Wasserzutritt geschützt. Durch die dritte Wägung erhielt man den Verlust an Sauerstoff, nachdem man zuerst denselben aus dem Apparate mit Luft verdrängt hatte. Man erhielt:

Brom angewendet 1·3216 Grm. Verlust = 0·0294 Grm. statt 0·1322 Grm.
nach dem Erwärmen = 0·0333 „ „ „ „

Es war also der grösste Theil des Sauerstoffes zurückgehalten worden.

Wurde hiebei das Brom nicht ganz zu Bromwasser aufgelöst, so bildete sich jedesmal eine kleinere oder grössere Menge eines schwarzen Pulvers (Silbersuperoxyd?). Der Kork war stark angegriffen. Diese zwei Umstände konnten das Resultat beeinflussen. Es wurde daher der Versuch in der Weise vereinfacht, dass man das Brom in einem zugeschmolzenen Kügelchen abwog und mit der zur Lösung hinreichenden Menge Wassers in eine Flasche mit eingeriebenem Glasstöpsel gab. Nach dem Zerschlagen und Auflösen steckte man ein mit der Fluorsilberlösung erfülltes und zugeschmolzenes Glasröhrchen in die Flasche und wog. Durch Schütteln wurde dann die Röhre zerschlagen und die Lösungen so vermischt. Durch kurzes Lüften des Stöpsels liess man den Sauerstoff entweichen und bestimmte sein Gewicht durch Zurückwägen.

I. Angewandte Menge Brom = 0·7555 Grm., Verlust = 0·0144 statt 0·0755 Grm.

Erst nach längerem Erwärmen im Wasserbade und Schütteln gelingt es den Sauerstoff nahezu ganz auszutreiben. Bei folgenden Versuchen wurde durch eine halbe Stunde auf 100° erhitzt, dann nach dem Erkalten geöffnet und gewogen.

I. Angewendet Brom 0·2361 Grm., Verlust 0·016 statt 0·023 Grm.
II. „ „ 0·550 „ „ 0·0479 „ 0·055 „

Dieselbe Erscheinung zeigt sich übrigens auch bei Anwendung anderer löslicher Silbersalze, z. B. bei schwefelsaurem und bei salpetersaurem Silberoxyd. Bringt man sie mit Bromwasser zusammen, so entsteht Bromsilber und ein sehr starker Ozongeruch. Jodkalium-Kleisterpapier wird sogleich gefärbt, wenn man es feucht in die Mündung des Gefässes bringt.

Versetzt man die Flüssigkeit, in der das Brom durch einen Überschuss vorhandenen Silbersalzes vollkommen verzehrt ist, mit Salzsäure im Überschuss, so wird wiederum Brom frei. Diese Erscheinung liesse sich auf folgende Weise erklären. Man hat anfangs:

$$2\,AgFl + 2\,Br + H_2\Theta = 2\,AgBr + 2\,HFl + \Theta$$

dann

$$AgBr + HCl = AgCl + BrH$$

Dieser BrH wird dann durch das in der Flüssigkeit gelöste Ozon zersetzt. Analog bei schwefelsaurem Silberoxyd:

$$\left.\begin{matrix}S\Theta_4\\Ag_2\end{matrix}\right\} + 2\,Br + H_2\Theta = 2\,AgBr + \left.\begin{matrix}S\Theta_4\\H_2\end{matrix}\right\} + \Theta$$

$$AgBr + HCl = AgCl + BrH$$

$$2\,BrH + \Theta = H_2\Theta + 2\,Br$$

Beim salpetersauren Silberoxyd muss durch die frei werdende Salpetersäure allein schon aus dem Bromwasserstoff Brom in Freiheit gesetzt werden.

Flusssäure.

Die rauchende, höchst ätzende Flüssigkeit, die man durch Erwärmen von Flussspath mit Vitriolöl und Auffangen in kalt gehaltener, trockener Vorlage erhalten kann, wurde von allen Beobachtern, mit Ausnahme Luyet's für wasserfreie Flusssäure = Fl H gehalten.

Luyet bezeichnet dieselbe [1]) als ein Hydrat, das mit wasserfreier Phosphorsäure entwässert werden könne und vermuthet, dass sich das trockene Gas in Glasgefässen über Quecksilber auffangen lasse, ohne dass jene geätzt werden.

Es lässt sich jedoch nicht einsehen, wie die so dargestellte Säure noch ein Äquivalent Wasser enthalten könne, da doch die Zersetzung des Flussspathes nach der Gleichung

$$2\,CaFl + \left.\begin{matrix}SO_2\\H_2\end{matrix}\right\}O_2 = \left.\begin{matrix}SO_2\\Ca\end{matrix}\right\}O_2 + 2\,FlH$$

vor sich gehen muss.

Der Flussspath kann höchstens hygroskopisches Wasser enthalten, und auch dieses müsste von der im Überschüssig zugesetzten Vitriolöl enthaltenen wasserfreien Schwefelsäure vollständig gebunden werden. Dass das Schwefelsäurehydrat nicht seines Wassers beraubt wird, scheint sicher, da ja sonst eine Entwickelung von wasserfreier Schwefelsäure eintreten müsste, welche nie beobachtet wurde.

Die condensirte Säure könnte also höchstens Spuren von Wasser enthalten, die von den nicht ganz vollkommen trockenen Apparattheilen herrühren könnten.

Um nun die Frage zu entscheiden, ob die von diesen Spuren Wassers befreite Flusssäure ebenfalls das Glas angreife, wurde eine Reihe von Versuchen angestellt, von denen hier einige beschrieben werden sollen.

I. An den bleiernen Flusssäure-Entwickelungsapparat wurde eine 3 Fuss lange, knieförmig gebogene Bleiröhre angekittet, und mit Vitriolöl gefüllt, so dass die Dämpfe der Flusssäure in kleinen Blasen durch die Flüssigkeit treten mussten. An das Ende der Bleiröhre passte unmittelbar ohne Kitt eine gläserne Röhre, die vor dem Versuche durch Erwärmen und gleichzeitiges Durchsaugen ganz trockener Luft sorgfältig getrocknet worden war.

---

[1]) Gmelin I. 793.

Die übergehende Säure wurde zum allergrössten Theil von dem Vitriolöl absorbirt, die wenigen entweichenden Blasen ätzten das Glas sehr bedeutend. Als durch die Absorption der überdestillirten heissen Dämpfe das Vitriolöl sich bis zu einem gewissen Grade erwärmt hatte, begann die Flusssäure sich unter Aufschäumen und Übersteigen der ganzen Masse in Freiheit zu setzen.

II. Eine 2 Fuss lange, zolldicke U-förmig gebogene Bleiröhre wurde ganz mit frisch dargestellter wasserfreier Phosphorsäure angefüllt, das eine Ende mit dem Entwickelungsgefässe verbunden, das andere mit einer Glasröhre, die anfangs vertical aufstieg, dann niederbiegend in horizontaler Richtung sich fortsetzte. Auch diese Glasröhre war zum grössten Theile mit wasserfreier Phosphorsäure angefüllt, so dass nur in der Mitte des horizontal liegenden Theiles ein 2 Zoll langes Stück frei blieb. Um diese ganz zu trocknen, wurde sie oft nach einander erwärmt und wieder erkalten gelassen und erst nach mehreren Stunden nach der Füllung mit der Entwicklung der Flusssäuredämpfe begonnen. Aber schon die ersten Dämpfe ätzten das zunächst an der Bleiröhre anliegende Ende der gläsernen Röhre sehr stark. Die unmittelbar daneben befindliche Phosphorsäure verband sich unter Erhitzung und Verflüssigung mit dem durch die Reaction der Flusssäure auf das Glas entstandenen Wasser.

Derselbe Versuch wurde noch in der Weise abgeändert, dass man die unmittelbare Berührung der Phosphorsäure mit dem Glase vermied; aber auch hiebei trat augenblicklich starke Ätzung ein, als die Flusssäuredämpfe mit dem Glase in Berührung kamen.

Es lässt sich nun allerdings von vorne herein einsehen, dass jede auch noch so geringe Spur von Wasser die Zersetzung von Flusssäure durch die Kieselsäure des Glases herbeiführen müsse, und dass dieser Process einmal eingeleitet bis zum Verbrauch aller vorhandenen Flusssäure sich fortpflanzen müsse. Denn weil nach der Gleichung:

$$Fi\,O_2 + 4\,Fl\,H = Si\,Fl_4 + 2\,H_2\,O$$

durch die Reaction selbst Wasser gebildet wird, so hört die Flusssäure im Momente auf wasserfrei zu sein, und da es kaum möglich ist, ein Glasgefäss auch vom letzten Atom Wassers zu befreien, so muss jedesmal Ätzung eintreten. Das erzeugte Wasser verursacht das Zerfliessen der Phosphorsäure, was zusammengehalten mit der Beobachtung, dass das entweichende Gas nicht mehr ätzte, die irrige Vermuthung veranlasst haben mag, dass das Flusssäuregas ein Hydrat sei.

Es muss daher die Frage, ob sich die Flusssäure durch wasserentziehende Substanzen so weit trocknen lasse, dass sie ohne Ätzung in Glasgefässen aufgefangen werden kann, verneinend beantwortet werden. Dadurch ist aber noch nicht nachgewiesen, ob auch theoretisch die wasserfreie Säure auf Silicate reagire, es scheinen vielmehr einige Versuche mit Wahrscheinlichkeit darauf hinzuweisen, dass unter solchen Umständen, welche auch jedes Atom Wasser

von der Oberfläche des Glases ausschliessen, keine Ätzung stattfinde. Die in dieser Richtung unternommenen Versuche waren folgende:

I. Das mit Flussäuregas gesättigte Vitriolöl wurde in ein Becherglas gegossen und zugedeckt. Nach 15 Minuten reinigte man es durch Ausspülen mit Vitriolöl und zuletzt mit Wasser. Nach dem Trocknen zeigte sich das Glas nur an jenen Stellen geätzt, welche nicht unter dem Niveau der Flüssigkeit gelegen waren.

II. Eine schmale Glasscheibe wurde, mit Vitriolöl benetzt, in dieselbe Mischung, die sich in einem Platintiegel befand, zum Theil eingetaucht. Nach einigen Minuten herausgenommen, augenblicklich mit Vitriolöl abgespült und gereinigt, zeigte sich dieselbe ebenfalls nur an jenen Stellen geätzt, welche nicht untergetaucht waren.

III. Eine Glasscheibe wurde an einem Platindrath befestigt, mit Vitriolöl benetzt und ganz in die mit Flussäure gesättigte Schwefelsäure eingetaucht. Nach dem Herausnehmen, in obiger Weise behandelt, erschien dieselbe nicht geätzt.

Derselbe Versuch wurde quantitativ angestellt, wobei sich nach der Einwirkung von mehreren Minuten keine Gewichtsabnahme bemerken liess. Dieselbe betrug nach mehr als halbstündiger Einwirkung 4 Milligrm.

IV. Ein Stückchen eines Glasstabes, ebenso behandelt, blieb an den Seitenflächen ungeätzt, auf der Querfläche wurde es angegriffen.

V. Ein kurzes unten zugeschmolzenes Glasröhrchen wurde mit flusssaurem Fluorkalium beinahe vollgefüllt und auf den Boden einer Platinschale gestellt, welche zur Hälfte mit Vitriolöl gefüllt war. Darüber stürzte man eine etwa 7 Zoll lange, weiter oben geschlossene Glasröhre, so dass innerhalb derselben die kleine Röhre mit der Öffnung nach oben in der Flüssigkeit schwimmen konnte, ohne umzufallen. Mittelst einer unter der Flüssigkeit in die äussere Röhre hinein und darin emporsteigenden dünnen Glasröhre wurde nun die Luft hinausgesaugt, so dass das Vitriolöl allmählich ganz hinaufsteigen musste, ohne bis zum letzten Augenblicke in das mitgehobene Glasröhrchen zu fliessen. Sobald dieses ganz emporgestiegen und die Röhre ganz mit Flüssigkeit erfüllt war, begann die Flussäureentwickelung, welche die Schwefelsäure wieder zurücksinken liess, während sich der ganze Raum mit Flusssäuregas erfüllte. In diesem Zustande blieb der Apparat lange stehen, ohne dass eine Ätzung wahrgenommen werden konnte. Auch nach dem Abspülen mit reinem Vitriolöl und Trocknen zeigte sich das Glas inwendig nicht angegriffen.

VI. Dieser Versuch wurde in der Weise abgeändert, dass man die äussere Röhre in der Mitte mit einer Einschnürung versah, welche das Gläschen mit dem Fluorkalium nur bis zur halben Höhe steigen liess, so dass also die Flussäure sich bereits zu entwickeln begann, wenn die Flüssigkeit nur etwas mehr als die halbe Höhe der Röhre bedeckte. Um den unbenetzten Theil derselben möglichst trocken zu erhalten, liess man den Apparat vor dem Aufsaugen über einen halben Tag lang stehen, und erwärmte den oberen Theil von Zeit zu Zeit.

Trotzdem wurde beim Anstellen des Versuches die Flusssäure von dem am nächsten liegenden, unbenetzten Röhrentheile so rasch und vollständig zersetzt, dass in die obersten Theile gar keine Flusssäure, sondern nur noch Fluorkieselgas gelangen konnte.

Aus diesen Versuchen folgt, dass das Glas unter solchen Umständen, welche jede Spur freier Feuchtigkeit von seiner Oberfläche absolut ausschliessen, wie dies der Fall ist, wenn dasselbe von Vitriol benetzt wird, von der Flusssäure, wie es scheint, nicht, oder doch nur sehr allmählich angegriffen wird.

Auf andere Weise ist es jedoch unmöglich Flusssäuredämpfe durch Glasröhren zu führen, da jene sogleich an der Eintrittsstelle beinahe quantitativ zersetzt werden.

Von den

Versuchen zur Isolirung des Fluors

wurden einige wiederholt, andere neue angestellt.

Baudrimont gibt an, aus Flussspath, Braunstein und Vitriolöl in Glasgefässen ein Gemisch von Fluorsilicium, Fluorwasserstoff und Fluor erhalten zu haben und beschreibt dasselbe als ein gelbbraunes Gas, das nach Chlor und gebranntem Zucker rieche, Indigo entfärbe, Glas nicht angreife und mit Gold sich verbinde.

Die Entstehung von Fluor ist unter diesen Umständen undenkbar. Vermuthlich enthielt der Flussspath wie gewöhnlich Chlor, möglicherweise auch die Schwefelsäure. Wenn das Gas nicht mehr ätzte, so enthielt es keine Flusssäure mehr, sondern Fluorkiesel.

Die Gebrüder Knox zersetzten Fluorquecksilber mit Chlorgas in Flussspathgefässen, konnten aber, da jenes nicht wasserfrei ist [1]), nur ein Gemisch von Flusssäure und Chlorgas erhalten haben.

Ein Versuch mit dem von Finkener [2]) dargestellten wasserfreien Quecksilberfluorür und Brom in zugeschmolzener Glasröhre verlief unter starker Ätzung des Glases; die Zersetzung durch Brom war überdies sehr unvollständig. Ein günstigeres Resultat wäre vielleicht bei diesem wie bei den folgenden Versuchen in einem Platinapparat zu erwarten, der geeignet ist, darin unter hohem Druck zu operiren.

---

[1]) R. Finkener, Zeitschr. für Chemie und Pharmacie, 1861, S. 21.

[2]) Zeitschr. für Chemie und Pharmacie, 1860, S. 663.

Reinsch gibt an, beim Erhitzen von Kriolyth ($3NaFl + Al_2Fl_6$) Bleisuperoxyd und zweifach schwefelsaurem Kali ein gefärbtes, bleichendes, nach Untersalpetersäure riechendes Gas erhalten zu haben. Hiebei könnte allerdings Fluor frei werden, weil kein Wasserstoff zugegen ist. Bei Wiederholung des Versuches in einer Platinretorte mit nicht ganz reinen Materialien erhielt man dasselbe Resultat. Das frei werdende Gas enthielt nebst Sauerstoff noch Chlor- und Untersalpetersäure. Bei Anwendung reiner Materialien trat nur noch eine Spur von Chlor auf, die vermuthlich aus dem Kriolyth stammt. Der von mir untersuchte enthielt in der That Spuren davon [1]).

Leitet man über schmelzendes Fluorsilber, das sich in einem Platinschiffchen innerhalb einer Glasröhre befindet, Chlorgas, so entsteht Chlorsilber und Chlorplatin. Die Röhre wird an der erhitzten Stelle geätzt. Eine Methode, Fluorgas zu gewinnen, lässt sich auf diesen Versuch nicht gründen.

Da das Brom erhitztes Platin nicht angreift und sich in gewogener Menge bequem handhaben lässt, so wurde mit diesem die Zersetzung des trockenen Fluorsilbers versucht, 4 Gr. Fluorsilber wurden auf einem Platinschiffchen geschmolzen und mit 1·7 Gr. Brom in eine 2 Fuss lange Glasröhre eingeschlossen.

Durch Hin- und Herjagen der Bromdämpfe über das mit glühenden Kohlen erhitzte Fluorsilber gelang es, sämmtliches Brom verschwinden zu machen.

Da sich hiebei Bromsilber gebildet hatte, und die Glasröhre, ohne dass sie mit dem Fluorsilber in Berührung gekommen war, an der heissen Stelle geätzt wurde, so musste Fluor oder Bromfluor in Freiheit gesetzt worden sein.

Eine Wiederholung dieses Versuches in einer geschlossenen Platinröhre wäre desshalb von grossem Interesse.

Die Zersetzung des Fluorsilbers durch hohe Temperatur allein scheiterte an dessen Beständigkeit. Es zersetzt sich nicht bei Temperaturen, die unter dem Schmelzpunkte des Silbers liegen. Beim

---

[1]) Die Wahrnehmung eines bleichenden Gases mag hier vielleicht auf der nämlichen Täuschung beruhen, wie die Beobachtungen von A. Vogel und Lampadius, siehe Gmelin I. 328 und 627 unten.

Erhitzen in Glasgefässen wird Fluorkiesel und Sauerstoff in Freiheit gesetzt, während metallisches Silber zurückbleibt.

Fluorblei und Schwefel wirken nicht auf einander bei Temperaturen, die unter 140 Grad liegen. Erhitzt man noch stärker in zugeschmolzenen Glasröhren, so tritt die Kieselsäure in die Reaction ein.

Metallene Gefässe können wegen der Eigenschaften des Schwefels nicht angewendet werden.

Erhitzt man ein inniges Gemenge von Fluorblei und amorphem Phosphor in einer gläsernen Retorte über einem Gasbrenner, so wird nur an den vom Glase berührten Theilen unter Ätzung desselben das Fluorblei zersetzt; der meiste Phosphor destillirt unverändert ab. Leitet man den Dampf von gewöhnlichem Phosphor durch eine Glasröhre über glühendes Fluorblei, so wird letzteres zu Metall reducirt, die Röhre sehr stark geätzt, es entweichen sehr wenig saure Dämpfe, die sich nicht in einer auf — 20 Grad erkälteten Vorlage condensiren lassen. Diese enthält einen weissen Überzug.

Davy und Dumas geben [1]) an, auf diese Weise ein Phosphorfluorür erhalten zu haben, das sie als rauchende Flüssigkeit beschreiben, dessen Zusammensetzung sie aber durch keine Analyse nachgewiesen haben.

Wenn hiebei Glasgefässe angewendet wurden, so ist wohl kaum wahrscheinlich, dass eine etwa gebildete Phosphorfluorverbindung nicht augenblicklich wieder vom heissen Glase zersetzt worden wäre, da schon das Phosphorchlorid hiebei sich zum Theil mit der Kieselsäure in Chlorsilicium umsetzt. Um so mehr ist dies von der Fluorverbindung zu erwarten, da die Verwandtschaft des Fluors zum Silicium eine so bedeutende ist.

Übrigens geben auch Gay-Lussac und Thenard [2]) an, dass Fluorblei von Phosphordampf nur bei Gegenwart von Kieselsäure angegriffen werde.

Ein Phosphorfluorid scheint sich zu bilden, wenn man Fluorsilber im geschmolzenen Zustande den Dämpfen von Phosphorchlorid

---

[1]) Siehe Gmelin I. 796.
[2]) Siehe Gmelin I. 797.

aussetzt. Das Fluorsilber befand sich bei diesem Versuche auf einem aus Kriolyth geschnittenen Schiffchen. Es bildet sich Chlorsilber, das entstandene Phosphorfluorid wird aber sogleich vom heissen Glase zersetzt.

Auch aus Kriolyth wurde versucht mit Brom Fluor zu entbinden, allein selbst bei Temperaturen, die den Schmelzpunkt des Bleies übersteigen, reagiren diese beiden Substanzen nicht auf einander, obwohl der Kriolyth auf's Feinste geschlämmt war.

Die elektrolytischen Versuche von Knox und Fremy wurden nicht wiederholt. Wenn auch dabei Fluor isolirt wird, so gestattet die Methode doch schwerlich, das Gas in Mengen zu sammeln, die nöthig wären, um damit ausführliche Versuche anstellen zu können.

Ich bin im Begriffe, die Versuche über das Fluor fortzusetzen, und sie zunächst auf organische Verbindungen auszudehnen. Vielleicht gelingt es auf diesem Gebiete noch Thatsachen zu sammeln, die mehr als die schon bekannten, den Charakter des Fluors und seine Stellung im System zu präcisiren, und theoretische Schlussfolgerungen zu ziehen erlauben.

Über die Einwirkung des Broms auf Glycerin.

Von **L. Barth.**

Bringt man ein Äquivalent Glycerin mit 4 Äquivalenten Brom und etwa dem 20fachen Volum Wasser zusammen, und erhitzt in verschlossenen Gefässen auf 100°, so findet man nach einigen Stunden das Brom verschwunden und die Flüssigkeit entfärbt oder nur schwach gelblich gefärbt. Am Boden des Gefässes liegen schwere ölige Tropfen, beim Öffnen desselben entweicht kohlensaures Gas, und man empfindet einen süssen ätherartigen Geruch.

Trägt man in die, von dem öligen Körper (der nichts anderes ist als Bromoform [1]) getrennte Flüssigkeit feuchtes Silberoxyd bis zur Neutralisation ein, filtrirt und wäscht den Bromsilberbrei so lange mit siedendem Wasser, bis das durchlaufende mit Salzsäure nur mehr opalisirt, zersetzt das Filtrat mit Schwefelwasserstoff, trennt das Schwefelsilber und dampft ein, so erhält man einen sauren Syrup, aus dem man die Säure dadurch isoliren kann, dass man die Lösung desselben durch eine mit Ammoniak bis zur Trübung versetzte Bleizuckerlösung ausfällt, das Bleisalz gut auswäscht, mit Schwefelwasserstoff zersetzt, die Flüssigkeit einengt, dann mit kohlensaurem Cadmiumoxyd absättigt, mit Kohle entfärbt und krystallisiren lässt.

Das Cadmiumsalz schiesst nach kurzer Zeit in warzigen Krystallaggregaten an, die unter dem Mikroskop als Nadeln und Blättchen erscheinen. Es ist nach einmaligem Umkrystallisiren völlig rein und farblos.

Aus diesem lässt sich durch Schwefelwasserstoff die Säure abscheiden, die im Wasserbade eingedampft, einen sauren, auch nach Monaten nicht krystallisirenden Syrup darstellt.

Sie gibt mit kohlensaurem Kalk neutralisirt, ein schön und leicht in zu Gruppen vereinigten Blättchen krystallisirendes Kalksalz, welches mikroskopisch betrachtet, aus rhombischen Tafeln besteht.

---

[1]) Über Chlorcalcium getrocknet, gab es bei der Analyse:

	Gefunden	Berechnet
C —	5·0	4·7
H —	0·5	0·4
Br —	94·3	94·9

Die Analysen der beiden Salze ergeben, dass die in ihnen enthaltene Säure Glycerinsäure ist, womit auch die Eigenschaften dieser selbst im freien Zustande übereinstimmen [1]).

Kalksalz.

a) Lufttrocken:

I. 0·3199 Grm. Subst. gaben 0·2951 Grm. Kohlensäure u. 0·145 Grm. Wasser,
II. 0·2490 „ „ „ 0·1163 „ schwefelsauren Kalk,
III. 0·3443 „ „ „ 0·1600 „ „ „
IV. 0·3590 „ „ „ 0·1705 „ „ „

$C_3H_5CaO_4 + H_2O$	I. u. II.	III.	IV.
C — 25·17 —	25·16		
H — 4·90 —	5·03		
Ca — 13·99 —	13·73	— 13·67 —	13·96

b) Bei 105—110 im Luftstrome getrocknet:

0·4243 Grm. Subst. gaben 0·2273 Grm. schwefelsauren Kalk.

	Berechnet.	Gefunden.
Ca =	16·00 —	15·75

Cadmiumsalz.

a) Lufttrocken:

0·3538 Grm. Subst. gaben 0·2606 Grm. Kohlensäure u. 0·1310 Grm. Wasser,
0·4778 „ „ „ 0·1710 „ Cadmiumoxyd.

$C_3H_5CdO_3 + H_2O$	Gefunden.
C — 20·11 —	20·09
H — 3·91 —	4·11
Cd — 31·29 —	31·31

b) Im Luftstrome bei 100° getrocknet:

0·7403 Grm. Subst. gaben 0·2962 Grm. Cadmiumoxyd.

	Berechnet.	Gefunden.
Cd —	34·78 —	35·01

Von den Nebenproducten, der Kohlensäure und der kleinen Menge Bromoform, die ihre Entstehung offenbar einem secundären Processe verdanken, abgesehen, ist demnach die Wirkung des Broms auf Glycerin bei Gegenwart von Wasser im Wesentlichen eine oxydirende, und lässt sich ausdrücken durch:

$$C_3H_8O_3 + Br_4 + H_2O = C_3H_6O_4 + 4\,HBr.$$

[1]) Sättigt man die rohe, nicht zuvor mit basisch essigsaurem Bleioxyd behandelte Flüssigkeit direct mit den genannten Basen, Cadmiumoxyd oder Kalk, so bleibt nach dem Auskrystallisiren der Salze eine nicht wieder krystallisirende Mutterlauge, die ihre syrupöse Beschaffenheit einer gewissen Menge Glycerin verdankt, das der Zersetzung entgangen war; die Salze krystallisiren dadurch schwerer, und darum ist der Umweg, zuerst das Bleisalz darzustellen, empfehlenswerther.

Schliesst man das Wasser von der Reaction aus, so ist der Vorgang natürlich ein durchaus anderer.

Pelouze hat darüber schon vor langer Zeit eine Mittheilung gemacht, die Gmelin (V, 176) kurz so referirt [1]):

„Glycerin löst viel Brom unter Wärmeentwickelung. Nach der „Sättigung damit in der Wärme scheidet Wasser unter Aufnahme „von viel Hydrobrom daraus ein schweres Öl ab, angenehm ätherisch „riechend, in Äther und Weingeist löslich, aus letzterem durch Was„ser fällbar = $C_{12}H_{11}Br_3O_{10}$."

Ähnlich wirkt nach Pelouze auch das Chlor, damit einen flockigen weissen Körper von der Formel $C_{12}H_{11}Cl_3O_{10}$ bildend. Es ist mir nicht bekannt, dass dieser Versuch später wiederholt, oder über die Zusammensetzung dieses Productes eine Ansicht aufgestellt worden wäre. Meine Beobachtungen über dasselbe und sein Verhalten sind im Folgenden zusammengestellt.

Das Glycerin nimmt, wenn man im Verlaufe der Einwirkung künstlich erhitzt, etwas mehr als das gleiche Volum an Brom auf.

Das Brom wurde durch einen Tropfapparat mit Glashahn zu dem Glycerin gebracht, welches sich in einer tubulirten aufrecht stehenden, mit einem Kühlapparate, zum Verdichten des Verflüchtigten, verbundenen Retorte befand.

Beim Eintragen der letzten Antheile wurde der Retorteninhalt in schwachem Sieden erhalten und mit der Bromzugabe so lange fortgefahren, bis Brom als solches abdestillirte. Während der Reaction entwickelt sich viel Bromwasserstoff und Acrolein. Man findet in der Retorte zwei Flüssigkeiten.

Die untere, schwerere, ist bräunlich gefärbt, die obere beinahe farblos. Die letztere ist fast ganz löslich in Wasser, und nur eine ganz kleine Menge (bei Anwendung von 20 CC. Glycerin nicht ganz 1 CC.) eines schweren süsslich und ätherisch riechenden Öls scheidet sich in Tröpfchen aus. Im Übrigen enthält sie fast nur Bromwasserstoff und Acrolein. Es konnte von dem öligen Producte kaum so viel gewonnen werden, dass es durch Destillation und eine Siedpunktsbestimmung zu reinigen gewesen wäre; der Körper ist mit Wasserdämpfen flüchtig, farblos, wurde mit Chlorcalcium hingestellt und so getrocknet analysirt.

---

[1]) Die Originalabhandlung konnte ich nicht einsehen.

Er stösst bei längerem Sieden etwas Bromwasserstoff aus, und bräunt sich nach einiger Zeit beim Stehen.

Von den Analysen waren daher nur annähernde Zahlen zu erwarten. Die gefundenen zeigten indess doch, dass derselbe nichts anderes ist, als Bibrombydrin, ein Körper, dessen Bildung unter diesen Umständen sehr wahrscheinlich ist, und mit dem auch die meisten Eigenschaften übereinstimmten.

0·3690 Grm. Subst. gaben 0·2346 Grm. Kohlensäure u. 0·1026 Grm. Wasser,
0·5925 „ „ „ 0·9853 „ Bromsilber.

	$C_3H_6Br_2O$	Gefunden
C	16·50	17·33
H	2·75	3·08
Br	73·39	70·75

Das Hauptproduct der Reaction, das schwere braungefärbte Öl, welches unter der wässerigen Flüssigkeitsschichte sich befindet, sollte der Körper sein, den Pelouze erhalten hat.

Die Eigenschaften desselben entsprachen jedoch den Angaben dieses Chemikers nicht vollkommen.

Sein Geruch ist ein gemischter; man unterscheidet den süsslich ätherartigen der vorhin erwähnten Verbindung neben dem stechenden, heftigen des Acroleïns. Die Reaction ist sehr sauer.

Es ist nicht angegeben, ob sich die Formel von Pelouze auf ein Öl bezieht, das durch ein besonderes Verfahren gereinigt war. Da es sich bald zeigte, dass es während des Rectificirens für sich, unter Entwickelung von Acroleïn und Bromwasserstoffdämpfen, und Hinterlassung eines kohligen Rückstandes zum Theil zersetzt wird; so wurde zum Vergleich auch eine Analyse des nicht rectificirten, blos mit Wasser gewaschenen und über Schwefelsäure getrockneten Productes ausgeführt. (Auch beim Stehen über Schwefelsäure erfüllte sich die evacuirte Glocke mit Bromwasserstoffdampf.) Zum Andern wurde das getrocknete Öl destillirt und zur Analyse die mittlere Partie des Rectificates verwendet, bei der das Thermometer einigermassen constant 200° zeigte, während es bis dahin rasch gestiegen war, ohne sich einzustellen und auch weiterhin noch bis gegen 230° stieg. Endlich wurde eine andere Partie des Öls mit Wasserdämpfen übergezogen, mit Chlorcalcium getrocknet und dann rectificirt[1]). Man erhielt folgende Zahlen:

[1]) Als einmal eine kleine Partie Glycerin anhaltend mit einer überschüssigen Brommenge gekocht wurde, erhielt ich ein Öl, welches, während alle übrigen Erscheinungen

I. 0·4868 Grm. Subst. gaben 0·2592 Grm. Kohlensäure u. 0·090 Grm. Wasser,
II. 0·5421 „ „ „ 0·8981 „ Bromsilber,
III. 0·6647 „ „ „ 0·3622 „ Kohlensäure u. 0·1282 „ „
IV. 0·7970 „ „ „ 1·2974 „ Bromsilber,
V. 0·5083 „ „ „ 0·2765 „ Kohlensäure u. 0·0845 „ „
VI. 0·5915 „ „ „ 0·9389 „ Bromsilber.

	I. u. II. Nicht rectificirt, gewaschen und über Schwefelsäure getrocknet.	III. u. IV. Rectificirte Partie von 200°.	V. u. VI. Mit Wasserdämpfen übergezogen und dann rectificirt.
C	14·52	14·86	14·83
H	2·05	2·14	1·84
Br	70·49	79·27	67·54

Mit dem Producte von Pelouze verglichen, entspräche diesem Öl nur ungefähr die Formel $C_6H_{10}Br_4O_5$, welche verlangt:

C — 14·9
H — 2·0
Br — 66·4

die sich zu dem Körper von Pelouze verhielte wie ein nächst höheres Bromsubstitutionsglied:

$C_6H_{11}Br_3O_5$, Körper von Pelouze;
$C_6H_{10}Br_4O_5$, neues Product.

Inzwischen fehlt jeder Beweis der Unvermischtheit desselben; es ist im Gegentheile nicht unwahrscheinlich, dass es ein Gemenge ist, sowie anderntheils aus der Annäherung der Zahlen des rectificirten und nicht rectificirten Productes noch nicht folgt, dass sie geradezu identisch sind, denn in einem Punkte weichen beide wesentlich von einander ab.

Man bemerkt nämlich leicht, dass vornehmlich das für sich rectificirte Product beim Behandeln mit Wasser schon in der Kälte an Volum etwas abnimmt, und dass man, kocht man es gar mit Wasser, wohl an $^3/_4$ desselben auflösen kann.

Aus dem Wasser erhält man dann eine nicht unbedeutende Menge einer Säure, welche man aus dem nicht rectificirten Öle nur spurenweise bei der gleichen Behandlung erhält.

---

gleich verlaufen waren, das besondere zeigte, dass die, bei fractionirtem Destilliren abgenommene mittlere Partie beim Übergiessen mit Wasser sich in weisse Krystalle verwandelte. Leider konnte ich bei einem wiederholten Versuche die Bildung dieses Körpers nicht wieder in meine Gewalt bekommen, und da mir noch überdies die Brombestimmung verloren ging, kann ich blos eine Analyse von demselben anführen. Ich erhielt C = 8·1, H = 0·6 Proc; vielleicht war der Körper dreifach gebromtes Bibromhydrin; $C_3H_5Br_5O$ (verlangt C 7·9, H = 0·6).

Diese Säure ist nicht Glycerinsäure wie bei der Reaction zwischen Glycerin, Brom und Wasser, sondern Glycolsäure.

Ihre Gewinnung geschieht am besten in folgender Weise:

Man kocht in einem mit einem aufrecht stehenden Kühlapparate verbundenen geräumigen Kolben das rectificirte Öl 3—4 mal mit viel Wasser gut aus (eine Operation, die wegen der lästigen Acroleïndämpfe im Freien ausgeführt werden muss), vereinigt die Flüssigkeiten, filtrirt sie nach dem Auskühlen durch ein nasses Filter, concentrirt sie durch Abdampfen, sättigt sie mit frisch gefälltem Silberoxyd, filtrirt und wäscht mit siedendem Wasser aus. Die abgelaufene Flüssigkeit wird mit Schwefelwasserstoff zersetzt, die vom Schwefelsilber getrennte Lösung eingedampft, und mit kohlensaurem Kalk bis zum Aufhören des Brausens versetzt. Man entfärbt mit Kohle und lässt krystallisiren. In kurzer Zeit bilden sich Drusen und Häufchen feiner Nadeln von dem, für den glycolsauren Kalk charakteristischen Äussern. Nach dem Umkrystallisiren ist das Salz ganz weiss und rein.

Die Analysen beziehen sich auf, bei 120° getrockneter Substanz von verschiedenen Bereitungen:

I. 0·2220 Grm. Subst. gaben 0·1998 Grm. Kohlens. und 0·0619 Grm. Wasser,
II. 0·2417 „ „ „ 0·2220 „ „ „ 0·0754 „ „
III. 0·2920 „ „ „ 0·2075 „ schwefelsauren Kalk,
IV. 0·2546 „ „ „ 0·1819 „ „ „

	$C_2H_3CaO_3$	I. u. III.	II. u. IV.
C	25·26	24·54	25·05
H	3·16	3·45	3·46
Ca	21·05	20·90	21·01

Durch Zersetzen des Kalksalzes mit salpetersaurem Silberoxyd wurde das Silbersalz in flimmernden Blättchen erhalten, ganz übereinstimmend mit den Angaben von Kekulé (Annal. CV. 291).

Bei 100° getrocknet gaben 0·4077 Grm. Subst. 0·2405 Grm. Silber:

	$C_2H_3AgO_3$	Gefunden.
Ag	59·01	58·99

Wenn man auf die angegebene Art aus dem rectificirten Producte durch Kochen mit Wasser Glycolsäure abgeschieden hat, behält man noch einen Rest von bromhaltigem Öl, der sich unter diesen Verhältnissen anscheinend nicht weiter zersetzt. Er wurde

mit Chlorcalcium getrocknet und für sich rectificirt, da er noch ziemlich gefärbt erschien. Für die Analyse wurde die mittlere Partie des Destillates verwendet, welche zwischen 190° und 200° übergegangen war. Während des Destillirens entwich wieder viel Bromwasserstoff, und der Retorteninhalt bräunte sich und verkohlte zuletzt. Das Destillat roch süsslich ätherisch und zugleich scharf wie Bibromhydrin. Die Analyse ergab:

I. 0·3535 Grm. Subst. gaben 0·1693 Grm. Kohlensäure u. 0·0545 Grm. Wasser,
II. 0·6576 „ „ „ 1·1849 „ Bromsilber,
III. 0·4196 „ „ „ 0·2050 „ Kohlensäure u. 0·0636 „ „
IV. 0·4622 „ „ „ 0·8251 „ Bromsilber.

	I. u. II.	III. u. IV.
C —	13·06	13·32
H —	1·71	1·68
Br —	76·67	75·95

So wenig sich dieser Körper, mit Wasser behandelt, zu verändern schien, so wurde doch, als man ihn mit Wasser und Silberoxyd kochte, unter Reduction einer gewissen Menge Silber und Bildung von Bromsilber, eine Lösung erhalten, aus der nach dem Abscheiden des Silbers mit Schwefelwasserstoff, und Sättigen des sauren Filtrats mit Kalk, neuerdings eine kleine Menge glycolsauren Kalkes krystallisirte.

Die Identität des erhaltenen Salzes mit dem frühern war schon bei einem Vergleiche der äusseren Eigenschaften leicht wahrzunehmen. Eine Kalkbestimmung genügte, sie festzustellen.

0·2744 Grm. bei 120° getrockneter Substanz gaben 0·1954 Grm. schwefelsauren Kalk.

	$C_2H_3CaO_3$	Gefunden
Ca —	21·05	20·95

Offenbar ist auch dieses Öl noch ein Gemenge, und die einfachste und wahrscheinlichste Annahme möchte sein, dass sich bei der Einwirkung des Broms auf Glycerin als Hauptproduct ein Gemisch von Bibromhydrin und Bromessigsäure bildet, welches, wenn man es mit Wasser anhaltend kocht, in Folge der Zersetzung der letzteren, Glycolsäure liefert. Was nach dieser Behandlung zurückbleibt, kann, neben Spuren von Bromessigsäure, vornehmlich Bibromhydrin enthalten, daneben aber auch noch kleine Mengen von Bromoform (das nachgewiesenermassen sich gleichfalls bei der Einwirkung

von Brom auf Glycerin bildet, vielleicht sogar Spuren gebromter Producte aus der Propylen- und Allylreihe. Ein Gemenge dieser Art zu trennen wäre aber, besonders bei der verhältnissmässig kleinen Menge die man erhält, fast unmöglich, und eine Formel auf solche Körper auszurechnen, ganz werthlos.

Die Formel, die Pelouze für seinen Körper aufstellt:

$C_6H_{11}B_3\Theta_5$ verlangt in 100 Theilen:

C 17·8
H 2·7
Br 59·5 [1])

annähernde procentische Werthe, würde auch ein Gemisch von 6 Äq. Bromessigsäure und 1 Äq. Bibromhydrin verlangen:

C 17·1
H 2·3
Br 60·8

Ähnliche Zahlen wie die, oben für das destillirte Öl angegebenen, lassen sich auch auf ein Gemisch von Bromessigsäure und Bibromhydrin, dem etwas Bromoform beigemengt ist, ausrechnen.

Dass die Analysen nur annähernde Resultate geben können, ist sehr begreiflich, weil eben Spuren bromreicherer Nebenproducte sie schon merklich beeinflussen müssen.

Das Resultat dieser Versuche liesse sich dann in Folgendem zusammenfassen:

1. Brom wirkt auf Glycerin bei Gegenwart von Wasser oxydirend. Es entsteht Glycerinsäure und als Nebenproduct Bromoform und Kohlensäure.

2. Bei Ausschluss von Wasser entsteht als Hauptproduct ein bromhaltiges Öl, welches für sich destillirt, und dann mit siedendem Wasser behandelt, reichlich Glycolsäure liefert. Es ist wahrscheinlich, dass diese Säure ihre Entstehung dem Vorhandensein von Bromessigsäure verdankt, die neben Bibromhydrin, dessen Gegenwart auch sonst nachgewiesen ist, einen Gemengtheil dieses Öls ausmacht. Als Nebenproduct bildet sich Acrolein und vielleicht, wie bei dem ersten Versuche, auch Bromoform. Je nach den angewandten Mengen von Glycerin und Brom können, scheint es, diese Producte in verschiedenen Verhältnissen auftreten, wenigstens lässt sich ein, bei derselben Reaction von Pelouze erhaltenes Product, verglichen mit dem hier beschriebenen, so deuten.

[1]) Die von Pelouze gefundenen Zahlen konnte ich nicht vergleichen.

XXI. SITZUNG VOM 24. JULI 1862.

Das hohe k. k. Ministerium des kaiserl. Hauses und des Äussern übermittelt einen vom k. k. General-Consul in Alexandrien eingesendeten Reisebericht: *„Recenti scoperte sul fiume bianco"* von Herrn Andrea de Bono, zur beliebigen wissenschaftlichen Benützung.

Herr Director K. v. Littrow übergibt im Namen eines ungenannten Verfassers ein versiegeltes Schreiben zur Aufbewahrung.

Das c. M., der Prälat von Kremsmünster, Herr Augustin Reslhuber, übersendet einen Subscriptionsbeitrag von 100 fl. ö. W. für das in der Stadt Weil in Württemberg zu errichtende Kepler-Monument.

Herr Eng. Matzenauer, k. k. Telegraphen-Inspector in Wien, übermittelt vier auf den Translator bezügliche Actenstücke und ersucht dieselben durch eine Commission prüfen und constatiren zu lassen, ob ihm die Priorität dieser Erfindung gebühre?

Herr Berg-Ingenieur J. Bürgl zu St. Gertraud bei Tüffer in Untersteiermark; übersendet die Beschreibung einer von ihm erfundenen Vorrichtung zur Verhinderung der Dampfkessel-Explosionen, mit dem Ersuchen um deren Beurtheilung.

Folgende Abhandlungen wurden eingesendet:

1. „Das Meteoreisen von Sarepta" von Hrn. Hofrath W. Haidinger.
2. „Über die Wirkung der Intercostalmuskeln" von Herrn Prof. Dr. A. E. Jendrássik in Pest.
3. „Beiträge zur Anatomie des Lymphgefässursprunges" von Herrn Dr. Wladimir Tomsa in Wien.

Herr Prof. R. Kner überreicht eine Abhandlung „über die drei Fischgattungen *Pterophyllum*, *Symphysodon* u. *Monocirrhus* Heck."

Herr Dr. L. Fitzinger legt eine Abhandlung „über das System und die Charakteristik der natürlichen Familie der Vögel" vor.

Das c. M. Herr Prof. Dr. K. Peters übergibt eine Abhandlung „über die Liasformation von Fünfkirchen".

Herr Dr. E. Reitlinger, Assistent am hiesigen k. k. physikalischen Institute überreicht eine von ihm gemeinschaftlich mit Herrn

Luka Žerjau, Eleven an demselben Institute, verfasste Abhandlung „über Schichtung durch Entladungsschläge der Leidner Flasche".

Herr Prof. Dr. Chr. A. Voigt macht eine Mittheilung: „Beiträge zur Dermatoneurologie".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, k. ungarische zu Pest, Jahrbücher. Band 1—9. Pest, 1833 — 1859; 4°. — Magazin für Wissenschaft. Jahrgang I—XI. 1834—1844. Pest; 8°.

Austria, XIV. Jahrgang, XXIX. Heft. Wien, 1862; 8°.

d'Avezac, Aperçus historiques sur la boussole et ses applications à l'étude des phénomènes du magnétisme terrestre (Lue à la Société géologique 20 Avril 1860); 8°. — Anciens témoignages historiques relatifs à la boussole (Lue à la Société de géographie de Paris 19 Février 1858); 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences. Tom. LV. No. 1. Paris, 1862; 4°.

Cosmos, XIe Année, 21e Volume, 3e Livraison. Paris, 1862; 8°.

Gewerbe-Verein, nieder-österreichischer, Verhandlungen und Mittheilungen, Jahrgang 1862, 8. & 9. Heft. Wien, 1862; 8°.

Land- u. forstwirthschaftl. Zeit., XII. Jhg. No. 21. Wien, 1862. kl. 4°.

Nardo, Giov. Domenico, Prospetti sistematici degli animali delle provincie venete e del mare adriatico e distinzione delle specie in gruppi relativi alla loro geografia fisica ed all' interesse economico statistico che presentano. Venezia, 1860; 8°. — Congetture e successive illustrazioni sulla derivazione del nome geografico Recoaro. (Estr. dal Vol. 7. Serie 3 degli Atti dell' i. r. Istituto Veneto.) 8°. — Cinque specie di animali invertebrati presentate in dono alle raccolte naturali dell' i. r. Istituto Veneto dal Sig. Pietro Andrea Saccardo. (Estr. dal Vol. 6, serie 3 degli Atti dell' Istituto stesso.) 8°.

Pfeiffer, Franz, Berthold von Regensburg. I. Band. Wien, 1862; 8°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople, Gazette médicale d'Orient. VIe Année, No. 3. Constantinople, 1862; 4°.

Wiener mediz. Wochenschr., XII. Jahrg. No. 29. Wien, 1862; 4°.

Zeitschrift des österreichischen Ingenieur-Vereines, XIV. Jahrgang. V. Heft. Wien, 1862; 4°.

Das Meteoreisen von Sarepta.

Von dem w. M. W. Haidinger.

(Mit 2 Tafeln.)

Nur Weniges ist bisher über die Natur und über die Geschichte des Meteoreisens von Sarepta in Literaturwerken zu finden. Aber da solche Massen von vielen Liebhabern gesucht werden, zertheilt und nach allen Richtungen in viele Museen versendet, so kann es sich leicht fügen, dass am Ende so manches Werthvolle und Wissenswürdige, was sie erst darboten, ganz verloren geht. Die Meteoreisenmasse von Sarepta ist nun in Stücke zerschnitten, und nur in diesem Augenblicke noch ist es möglich, einen Theil der Kenntniss zu retten.

Die Masse wurde im Jahre 1854 gefunden. Die erste Nachricht gibt der Bericht über die Sitzung am 18. November der kaiserlich-russischen Gesellschaft der Naturforscher zu Moskau[1]) wie folgt: „Der zweite Secretär, Herr Dr. Auerbach legt für Herrn Glitsch in Sarepta eine Meteoreisenmasse vor, 32 Pfund 58 Zolotnik (25 Pfund 18 Loth Wiener Gewicht, 14 K. 325 Grm.) schwer, welche im Verlaufe des Jahres in der kalmükischen Steppe, auf dem rechten Wolga-Ufer, 30 Meilen von Sarepta gefunden worden war. Herr Glitsch hatte Herrn Auerbach veranlasst, Gypsabgüsse von dieser in ihrer Art einzigen Masse fertigen, diese selbst aber zerschneiden zu lassen, um mehrere Exemplare an wissenschaftliche Gesellschaften zu vertheilen, unter andern an die unserige und die Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg. Dieses Meteoreisen zeigt eine compacte, an den Rändern abgerundete Masse, ohne Spur von Olivin oder von irgend einem andern fremdartigen Körper; es ist ziemlich reich an Nickel und zeigt, mit Salpetersäure behandelt, an der Oberfläche ein Netz sich regelmässig

[1]) Bulletin de la Société Impériale des naturalistes de Moscou, publié sous la Redaction du Docteur Renard 1854, No. 4. p. 504.

kreuzender Linien, wie es unter der Benennung von Widmannstätten'schen Figuren bekannt ist, wodurch der meteoritische Ursprung dieses Eisens bewiesen ist".

Ausser dieser Notiz ist mir nur dasjenige zu Gesichte gekommen, was Freiherr v. Reichenbach in seinen Mittheilungen über die Structur der Meteoreisenmassen in Poggendorff's Annalen [1]) gelegentlich anführt. Aber weder in Greg's Essay on Meteorites, in Manuscript bis 15. Juni 1859 fortgeführt, noch in Herrn Dr. Otto Buchner's Werk: „Die Feuermeteore u. s. w.", noch in Shepard's Catalogue vom 29. Juni 1860, noch in Herrn Kesselmeyer's reicher Zusammenstellung mit den so werthvollen geographischen Nachweisungen auf den Karten von Europa und den beiden Erdhalbkugeln, der östlichen und der westlichen, in den Abhandlungen der Senckenberg'schen Gesellschaft von 1861 sind sie enthalten, wohl aber in Herrn Dr. Otto Buchner's Quellen-Verzeichniss in demselben Sammelwerke, indessen auch nur jene Angabe aus dem Moskauer Bulletin.

Bei diesen Umständen war es sehr wichtig und dankenswerth, dass sich mein hochverehrter Freund Herr Director Hörnes entschloss, den zwar einfachsten Weg aber den versprechendsten einzuschlagen um für das k. k. Hof-Mineraliencabinet einen Abschnitt desselben zu erwerben, indem er sich unmittelbar an Herrn Constantin Glitsch in Sarepta, im Zariziner Kreise des Gouvernements Saratow wandte. Es zeigte sich nun, dass die Masse in drei grosse Abschnitte zertheilt worden war; etwa 8 Pfund waren an Museen und Private in Russland unentgeltlich vertheilt worden; etwa 10 Pfund durch Herrn Mineralienhändler Möschler in Herrenhut zu dem Preise von etwa 15 Thaler Preuss. Courant in kleinen Stücken verkauft. Herr Glitsch besass noch den einen der Seitentheile. Diesen sandte er nun zuvorkommendst nach Wien, einen Theil unter sehr günstigen Verhältnissen für das k. k. Hof-Mineraliencabinet bestimmend, während ihm selbst ein anderer, zerschnitten, polirt und geätzt wieder zurückgesendet wurde. Das Stück wog im Ganzen noch 8 Pfund. Durch die Führung der Schnitte ging nicht weniger als 2 Pfund an Eisenmasse verloren. Der Rest bestand aus folgenden Stücken gewogen:

---

[1]) Poggendorff's Annalen 1861. Band CXIV. Seite 100, 273 und 387 in V. Über das innere Gefüge der näheren Bestandtheile des Meteoreisens.

Nr. 1	1 Pfd.	6	Wien. Loth		665·012	Grammen,
„ 2	1 „	6¼	„	„	669·387	„
„ 3		10⅛	„	„	177·187	„
„ 4		17½	„	„	306·254	„
„ 5		25½	„	„	446·257	„
„ 6		20½	„	„	358·757	„
„ 7		23½	„	„	393·750	„
Ein Stückchen		1⅜	„	„	24·062	„ wurde

an Herrn R. P. Greg gesandt.

Von diesen wurden die Stücke Nr. 1, 2 und 3 bereits wieder an Herrn Glitsch abgesandt, die Stücke Nr. 4 — 7 liegen mir heute noch vor, und es sind die beiden Nr. 5 und Nr. 6 zur Einreihung in das k. k. Hof-Mineraliencabinet bestimmt.

Bekanntlich hat sich Herr Dr. Otto Buchner angelegentlichst bestrebt, zu dem höchst anziehenden und nützlichen Zwecke eine Gesammtübersicht der in den Museen und Privatsammlungen unserer Erde aufbewahrten Meteoriten herauszugeben, die Angaben der Gewichte von den verschiedenen Vorständen und Besitzern mitgetheilt zu erhalten, was ihm auch bis auf wenige Ausnahmen gelungen ist, so dass wir demnächst der Veröffentlichung entgegensehen können. Auf eine Anfrage von mir bin ich ihm nun für freundliche Mittheilung der folgenden Angaben zu dem verbindlichsten Danke verpflichtet.

Es enthalten nämlich nebst der Angabe, dass Herr Glitsch noch die Hauptmasse besitzt, die Sammlungen

	Grammen, Sarepta-Eisen.
in Moskau, des Herrn Dr. Auerbach (2 Stücke)	600
„ „ der Universität	fast 500
„ Würzburg der Universität	716
„ London des britischen Museums	360
„ „ „ Herrn Neville	35
„ Bonn des Herrn Dr. Krantz	250
„ Manchester des Herrn R. P. Greg	82
„ Prag des Herrn K. A. Neumann	1·57
„ Wien, des Freiherrn von Reichenbach, ohne Gewichtsangabe.	

Die Angaben von St. Petersburg und von Berlin[1]) fehlen.

[1]) Seitdem am 7. August von Herrn Prof. Gustav Rose in der Gesammtsitzung der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin mitgetheilt. (Siehe Monatsbericht. Hauptstück 4 Pfd. 2·07 Lth. Alle Stücke 4 Pfd. 4·77 Lth. oder (für 1 Pfd. = 30 Lth. = ½ Kilogramm) 2 K. 31·333 Grm. und 2 K. 79·500 Grm.

Aber während der Arbeiten zur Gewinnung der Platten aus dem von Sarepta anher übersandten grösseren Stücke, war uns der grosse Unterschied, in der Gestalt der Begrenzung der Oberfläche nicht entgangen, der sich in dem Abdrucke Fig. 1 so augenscheinlich bemerkbar macht, die sanfte Abrundung an der einen Seite *AB*, die tiefen Einbuchtungen an der andern *ACDB*. Es wurde nun vielfach wünschenswerth, ein Exemplar des in der Mittheilung des Herrn Dr. Auerbach erwähnten Modells zu vergleichen.

Fig. 1.

Sarepta.

Allerdings hatte Herr Dr. Auerbach, obwohl er nicht in der Lage war, uns Stücke des Eisens selbst zu verschaffen, nicht nur ein solches Modell freundlichst zugesagt, sondern er hatte dasselbe auch an Herrn Dr. Hörnes wirklich übersandt. Aber unglücklicherweise hatte er dieses Modell und ein für das k. k. Hof-Mineralien-Cabinet bestimmtes Stück Tula-Meteoreisen in einer Kiste unter Adresse an Herrn Baron von Reichenbach mit verpackt. Die Kiste selbst hatte Unglück. Sie wurde in Brody eröffnet und das Modell wurde zerbrochen, so dass nebst dem Stücke des Tula-Eisens nur die Trümmer des Modells von Herrn Baron von Reichenbach an Herrn Director Hörnes abgeliefert werden konnten.

So war es denn höchst wichtig, dass Herr Director Hörnes nach anderen Seiten sich um Exemplare eines Modells zu verwenden entschloss. Zwei derselben kamen ihm auch in entsprechender Zeit zur Hand, von Herrn C. Glitsch selbst, der es durch seinen Bruder Herrn Ferdinand Glitsch in Niesky bei Görlitz übersandt hatte, und von Herrn Dr. Krantz.

Da war denn der so charakteristische Unterschied zwischen den beiden Flächen, wie ihn der natürliche Theil gezeigt hatte, über den ganzen Körper ausgedehnt, so dass in der That diese Sarepta-Meteoreisenmasse eine der ausgezeichnetsten ist, die es wohl erheischt, dass ihr nicht nur durch den Abguss, der doch nur in wenigen Museen aufbewahrt werden kann, sondern auch durch Abbildung die Erinnerung in unseren wissenschaftlichen Literaturwerken, erhalten werde.

Auf Taf. I ist dieselbe in halber Naturgrösse dargestellt, und zwar die Brustansicht in Fig. 1, die Rückenansicht in Fig. 2. Eine Seitenansicht ist in Fig. 3 gegeben, in welcher der scharfe Abschnitt und augenfällige Unterschied der beiden Flächen sogleich hervortritt. Das Stück ist hier auf der Brustseite liegend dargestellt und zwar dergestalt, dass man die tiefste Stelle der Rückenfläche durch den schwarzen Schlagschatten hier und in Fig. 2 ausgedrückt, gerade vor sich hat. Sie ist über anderthalb Zoll tief neben dem vorragenden Eisengrate rundlich ausgehöhlt. Die Bilder wurden im k. k. Hof-Mineraliencabinet ursprünglich von Herrn Strohmayer in natürlicher Grösse ausgeführt und sodann photographisch verkleinert.

Die Brustfläche Fig. 1 hat den Charakter einer sanft abfallenden Rundung, ähnlich einer Kugelfläche, deren Radius an dem Abdrucke

oben Seite 289 gemessen, nicht viel von 9½ Zoll verschieden ist. Die in derselben erscheinenden rundlichen Vertiefungen sind nur eine bis drei Linien tief, bei einem Durchmesser von einem bis anderthalb Zoll. Die Rückenfläche ist voll der tiefsten Abrundungen, so wie man sich selbe leicht unter der Voraussetzung gebildet denken könnte, dass sie durch Abbrand von den rückwärts zusammenschlagenden Flammenzungen entstehen. Das Modell freilich ist am wenigsten dazu geeignet, gerade die charakteristischen überstülpten Schmelzrinden-Grate zur Ansicht zu bringen, welche durch den Eisenabbrand entstehen könnten, denn gerade an den schärfsten Ecken müssen ja die Zusammenfügungen der einzelnen Theile der Gypsformen liegen, die so oft ausbrechen, und dann veranlassen, dass bei dem Gewinne der Modelle selbst gerade an jenen Stellen mit dem Messer nachgeholfen werden muss. So muss eine Nachweisung dieser Art, wie sie so schön in den beiden Beispielen von Stannern vorliegt, für Meteoreisenmassen auf eine spätere Zeit verwiesen werden, vorzüglich wenn neu gefallene Beispiele zur Untersuchung gelangen.

Doch dürfte nach Allem wohl unbezweifelt anzunehmen sein, dass die hier vorausgesetzte die wirkliche Lage in dem kosmischen Theile der Bahn des Meteoriten gewesen ist. Jedenfalls liegt der Schwerpunkt näher an der flachkugelartigen Wölbung in Fig. 1 als innerhalb der schroff neben einander stehenden Zapfen und Vertiefungen Fig. 2, wenn auch hier eine flache Masse mit der breiten Fläche vordringt. Aber gerade eine solche scheibenartige Gestalt hat ja auch der von mir kürzlich, in unserer Sitzung am 22. Mai d. J. beschriebene Stein von Stannern, und noch mehr würde sich hier zur Vergleichung die grosse Meteoreisenmasse von Agram günstig darstellen, von welcher beide Seiten der flach-scheibenartigen Gestalt so verschiedene Beschaffenheit besitzen, dass sie mit grösster Wahrscheinlichkeit als ebenfalls in ihrer Ebene um ihre Bahnrichtung rotirend angenommen werden darf. Recht sehr verdient sie in dieser Beziehung eine monographische Behandlung. Unwillkürlich wird man bei solchen Betrachtungen auch auf die Gestalt des Ancile gebracht, jenes schildförmigen Stückes Eisen, das zur Zeit des Numa Pompilius vom Himmel gefallen sein sollte, und dem noch eilf andere nachgeschmiedet wurden, um es sicherer zu bewahren, welche man nicht von demselben unterscheiden konnte.

Es ist freilich das Alles aus der Zeit der Sagen, aber eine flachscheibenförmige Gestalt, vielleicht dünner als alle in neuerer Zeit wirklich bekannt gewordenen, lässt sich wohl doch nach Wahrscheinlichkeit annehmen.

Das Sarepta-Eisen dürfte übrigens wohl nicht sehr lang den verändernden Einwirkungen der Atmosphäre ausgesetzt gewesen sein, da es von der Oberfläche weg kaum durch Rost angegriffen ist. In den tieferen Stellen findet sich freilich etwas Brandrinde, nach der Farbe des Striches in dem Zustande von Eisenoxydhydrat oder Brauneisenstein, aber gegen die scharfen Kanten zu ist auch dieser ganz weggefegt, und es tritt das Eisen nur oberflächlich braun gefärbt, ganz bis an die Oberfläche heran. Die so vielfach tief ausgehöhlte Oberfläche ist in den unmittelbar an einander grenzenden Theilen so sehr, fast könnte man es „eben" nennen, dass man sich unwillkürlich die Frage aufwerfen möchte, ob nicht hier auch vor dem Eintritt in das Stadium des Abbrandes, also vor dem Eintritt des Meteoriten in unsere Atmosphäre, dieser Theil und der mehr regelmässig kugelähnliche der Brustfläche verschieden von einander gestaltet gewesen sein möchten.

Die Masse war unter Herrn Dr. Auerbach's Obsorge in Moskau in die drei Theile geschnitten worden, wie sie durch die Trennungslinien *AB* und *CD*, Taf. I, Fig. 1 angedeutet sind. Sie sind auch auf dem Gypsmodelle angezeigt. Der Theil *CDG* war noch zuletzt in dem Besitze des Herrn Constantin Glitsch geblieben, und von ihm an Herrn Director Hörnes übersandt worden. Die weitere Vertheilung in Wien geschah nun durch lauter Parallelabschnitte mit der Richtung des bereits vorhandenen breiten Schnittes *CD*, so dass noch die durch *EF* zunächst *G* angedeutete Ecke übrig blieb. Diese und eine der gewonnenen breiten Platten sind es, welche nun im k. k. Hof-Mineraliencabinet aufbewahrt werden. Durch die gewählte Lage der Schnitte ging zwar viel Material dem Gewichte nach verloren, da man bei der Breite der Schnitte, wie sie Herr Klement ausführt, ziemlich ein Loth Verlust für jeden Quadratzoll nehmen muss, aber dafür erhält man weit lehrreichere Stücke, als es in irgend anderen Lagen gelungen wäre.

Das Meteoreisen von Sarepta bietet in seiner Structur so viele Ähnlichkeiten mit dem Meteoreisen von Arva dar, dass ich geglaubt habe, die günstigste Erläuterung beider dürfte in der gleichzeitigen

Darstellung derselben in ihren Autotypen sein, wie sie durch galvanoplastische Abformung und Kupferabdruck auf Taf. II, wo sie unmittelbar unter einander gestellt erscheinen, während hier noch, zur Vergleichung mit Fig. 1 dem Stereotypdruck des Sarepta-Eisens in Fig. 2 auch der Stereotypdruck einer Platte von Arva-Eisen aus dem k. k. Hof- Mineraliencabinete gegeben wird.

Fig. 2.

Arva.

Man kann die Structur von Meteoreisen-Platten in ihrer Ätzung nicht ohne Hinweisung auf die umfassenden Studien des Freiherrn von Reichenbach zum Gegenstande einer Mittheilung machen. Es ist mir indessen bisher noch nicht zu meiner vollen Befriedigung gelungen, mir Alles, was seine letzten Abhandlungen in Poggendorff's Annalen enthalten, zur vollständigen Klarheit zu bringen. Nur die Veranlassung der Gestalt der merkwürdigen Sarepta-Eisenmasse erheischt es, dass ich im Zusammenhange mit derselben auch der Beschaffenheit der Eisenmasse selbst, und ihrer Krystallstructur-Figuren gedenken muss. Durch den Abdruck selbst erhält aber der freundliche Leser reiche Gelegenheit zum Selbststudium, wenn auch nicht Alles so glänzend und überzeugend sich darstellt, wie auf den eigentlichen durch Politur und Ätzung vorbereiteten Flächen. Namentlich fehlt der durch die kry-

stallinische Structur das Eisen selbst so charakteristische Krystall-Damast.

Man würde in früherer Zeit die in der Masse nach den Richtungen der Oktaëderkanten gestellten in den Abdrücken schwarz erscheinenden, in der Fig. 1 und 2 des Druckes weiss eingesäumten länglichen Theile unmittelbar „Schreibersit" genannt haben. In den Eisenplatten selbst erscheinen diese Theile gerade mit dem höchsten Glanze. Schon auf den geschliffenen und polirten Flächen sind sie sichtbar, aber unterscheiden sich mehr durch eine Art von Unterbrechung der Gleichförmigkeit der Oberfläche als durch sonst etwas Auffallendes. Sie sind voll kleiner durch den Schnitt herausgebrochener Vertiefungen, die nicht vollständig wieder durch den Schliff geebnet waren. Ihre Substanz ist nämlich härter und spröder als das übrige Eisen, eben so wie sie weniger von Säuren angegriffen wird. Das stimmt alles gut mit Schreibersit, und vielleicht darf ich auch jetzt noch gerade die Bestimmung der chemischen Verhältnisse abwarten, bis ich einen anderen Namen anzuwenden gezwungen werde. Von den Reichenbach'schen Eisensorten würde wohl hier das Glanzeisen, der Lambrit (eigentlich von λαμπρος etymologisch richtiger gebildet Lamprit) zunächst zum Vergleiche genommen werden müssen, vorzüglich wenn man die Skizze Fig. 14, Taf. II der oben citirten Abhandlung in Poggendorff's Annalen und die darauf bezüglichen Erläuterungen Seite 486, welche sich sämmtlich auf ein Stück Lénarto-Eisen beziehen, in Erwägung nimmt. Auf Seite 487 ist Sarepta sogar wörtlich für diese Eisensorten erwähnt. „Das Balkeneisen von diesen (Lénarto, Caryfort, Sevier, Davistrasse und Sarepta nach Reichenbach) ist ganz damit durchsäet und gibt diesen interessanten Meteoriten ein eigenthümlich buntes Ansehen, in deren Structur man sich desshalb nicht allzu schnell zurecht findet."

Es war mir wohl nicht möglich so viele Studien anzustellen und so viele Exemplare von Meteoreisen zu vergleichen, wie Freiherr von Reichenbach und ich muss daher auf die Gefahr hin zu irren oder doch zurecht gewiesen zu werden, bemerken, dass diese Darstellung der Structur wohl nicht die günstigste genannt werden kann. Im Gegensatze namentlich zu dem Ausdrucke „durchsäet" erscheint hier der Schreibersit gerade zu als ein mit der Krystallstructur unmittelbar zusammenhängender, sogar leitender Körper.

denn die unmittelbar anliegenden Theile, wohl Balkeneisen, Kamacit nach Reichenbach, zeigen selbst durch ihren Krystalldamast mancherlei von einander abweichende Lagen, während der Schreibersit über grössere Flächen in seinen Richtungen ungestört fortsetzt. Die ganzen auf den Sarepta-Schnitten gewonnenen Figuren zeigen im Schreibersit keine Unterbrechungen in ihrer Richtung, wenn gleich die Substanz nicht gleichförmig hindurchreicht. Das an dem Schreibersit unmittelbar anliegende Meteoreisen zeigt deutlich feine charakteristische Streifungen oder Schraffirungen am deutlichsten in den dunkeln Stellen, wenn man sie mit der Loupe untersucht und durch dieselben den Krystalldamast. Aber da sie verschiedentlich spiegeln, je nachdem man die von der Lichtquelle kommenden Strahlen auffängt, so erscheinen die verschiedenen Theile auch im Ganzen verschiedentlich heller oder dunkler grau, manche sogar ganz dunkel und glanzlos. Nach anderen Richtungen geschnitten würden gerade diese Theile mehr Glanz und Krystalldamast gezeigt haben, und dagegen manche Partien darin zurückgeblieben sein, welche jetzt den lebhaftesten Eindruck hervorbringen. Und dennoch erscheinen diese so verschiedenartige Eindrücke hervorbringenden wulstartigen Theilchen gar nicht von einander verschieden zu sein, nur ihre Stellung in der zusammengesetzten Masse bedingt das verschiedene Ansehen.

Es erinnert dies an gewisse Verschiedenheiten in den durch das Anlaufen hervorgebrachten Farben, welche so oft nach der Krystallform und den Krystallflächen geordnet sind, wie dies ja am Eisenglanz, Kupferkies und anderen Krystallen bekannt ist. Eine Platte des Braunauer Meteoreisens, welche Herr Director Hörnes an die Asiatische Gesellschaft nach Calcutta gesandt hatte, die aber leider mit der ganzen Sendung verloren ging, war mit Anlauffarben bedeckt. Aber merkwürdiger Weise waren die den Würfelflächen entsprechenden bei diesem Meteoreisen so charakteristischen Spaltungsflächen hellgelb, die in einer schiefen Richtung gegen dieselben geführte breite Schnittfläche aber dunkelblau. Es verdient wohl diese Thatsache ebenfalls Beachtung bei dem Studium der durch das Anlaufen hervorgebrachten Erscheinungen, welche sich an die Fälle anschliesst, wo die Veranlassung zu der Farbenverschiedenheit von der wirklichen Verschiedenheit der anlaufenden Körper herrührt.

Die zunächst an *D* (Fig. 1 und Taf. II, Fig. 1 und 2) liegende Plattenecke besteht aus blossem Meteoreisen, ohne die eingewachsenen Schreibersitpartien, aber es besteht aus zwei auch im Abdrucke ziemlich leicht unterscheidbaren, sehr verschiedenen Theilen, der obere fast bis zur Hälfte in einer schiefen Richtung an den unteren anschliessend ist hellgrau, glatt, glänzend und voll von jener sich rechtwinklig und schiefwinklig, nahe zu nach einem Quadrat und seinen beiden Diagonalen sich schneidenden Streifungen oder Schraffirungen, der untere ist vollständig matt, dunkelgrau, mehr körnig in der Textur und schneidet schroff an dem andern ab. In sehr schiefer Stellung gegen das Licht gehalten, erscheint freilich auch hier ein helleres Grau und etwas Glanz, wie es der Krystalldamast mit sich bringt. In Bezug auf die Structur dieser Theile soll noch erwähnt werden, dass sie in dem matten dunkeln Grunde ganz feine, zerstreute, heller glänzende Metallpünktchen enthalten.

Sonderbar ist die krummlinige Begrenzung von stärkerer und schwächerer Ätzung auf Fig. 1 und Taf. II, Fig. 1 und 2, wie sie Herr Karl Ritter von Hauer bei der Anwendung einer ganz gleich hohen Schicht Säure erhielt. Man könnte dabei an eine Einwirkung der Erhitzung von Aussen denken, doch auch dies gibt keine genügende Erklärung, besonders da doch auch die Ätzung der verschiedenen parallel abgeschnittenen Platten gar keine ähnliche Erscheinung darbot.

Über den Abdruck Fig. 2 und Taf. II, Fig. 3 und 4 des Meteoreisens von Arva sollte hier noch beigefügt werden, dass der Grund des Eisens, in welchen der glänzende Schreibersit nach den drei sich unter 120 und 60 Grad schneidenden Richtungen geordnet inne liegt, gänzlich matt und dunkel grau erscheint, ganz ohne Streifung. In der Ecke *B* liegt etwas Graphit, eine rundliche Partie von Schwefeleisen umfassend, was übrigens sich im Abdrucke nur sehr unvollkommen darstellt.

Die hier abgedruckte Arva-Meteoreisenplatte schliesst sich zunächst an den von mir in den „Krystallographisch-mineralogischen Figurentafeln“ 1846 gegebenen Abdruck an, welche ebenfalls das Schreibersit-Gerüste enthält. Vielleicht rühren beide Platten von einer und derselben Masse her. Überhaupt sind die Arvaer Platten sehr von einander verschieden, wie dies auch Freiherr von Reichenbach bemerkt. Auch hier ist das Studium erst begonnen und eine eigentliche monographische Behandlung wäre sehr erwünscht. Möchte doch unser hochverehrter Herr Generalsecretär Dr. A. Schrötter selbst

wenigstens seinen Beitrag über die chemischen Ergebnisse uns bald zur Mittheilung vorbereiten, für welche ihm Herr Director Hörnes an die vier Pfund Material vor längerer Zeit schon zur Verfügung stellte.

Für das Sarepta-Eisen hoffe ich durch die heutige Mittheilung, doch wenigstens einen festen Punkt gewonnen zu haben an den sich ferneres anschliesst. Aber ich darf nicht versäumen, meinem hochverehrten Freunde Hörnes volle Anerkennung und den innigsten Dank darzubringen, für die Thatkraft, mit welcher er den Gegenstand erfasste und das Material zur Vorlage brachte, und die freundliche Anregung und Förderung meines nur unvollkommen durchgeführten Versuches der Bearbeitung.

Mit wahrer Befriedigung über das ausgezeichnete Gelingen der Kupfertafel verweile ich noch einen Augenblick bei den Bildern der geätzten Schnitte der beiden Meteoriten von Sarepta, Fig. 1 und 2, und von Arva, Fig. 3 und 4 auf Taf. II.

Namentlich sind es die Fig. 2 für Sarepta und 4 für Arva, welche den der wirklichen Erscheinung am nächsten stehenden Eindruck auf das Auge hervorbringen. Dieselben Theile unter 60° und 120° in die Durchschnitte geordnet, gehören dem Schreibersit-Gerüste an. Diese sind es, auf welchen der Zusammenhang in einer grossen gemeinsamen Krystallerscheinung beruht, welche man füglich mit dem Namen eines Einzelwesens, eines Individuums bezeichnen darf, wenn auch der Zusammenhang vielfach getrennt ist. Dennoch ist an dem Zusammenhang kein Zweifel, während die dazwischen liegenden wulstartigen Eisentheilchen vielfach als gesonderte Individuen von einander scharf in der Stellung geschieden sind, wie dies aus den feinen Linien ersichtlich wird, die ungestört innerhalb eines jeden einzelnen Theiles plötzlich an der deutlich hervortretenden Berührungsgrenze abbrechen, jenseits welcher ein anderes Liniensystem zum Vorschein kommt. Diese Linien sind weiss auf schwarzem Grunde in Fig. 1, schwarz auf hellerem Grunde in Fig. 2 des Sarepta-Eisenabdruckes. Sie sind ungemein schön durch die Loupe zu erkennen.

In dem Arvaer Eisen erscheinen solche Liniensysteme nicht, die Eisenmasse ist ganz dicht, wenn auch deutlich in Individuenwülste getrennt.

t Ansicht

Meteor Eisenmasse

von

SAREPTA,

vernement Saratow in Russland
kalmükischen Steppe, 30 Meilen von
Wolga. Ufer, zuerst im Besitz von Herrn
n Sarepta, und von ihm durch Herrn
vorgelegt in der Sitzung am 18 November
schaft der Naturforscher zu Moskau.

[illegible] Ansicht.

Meteor-Eisenmasse

von

SAREPTA,

[illegible]pernement Saratow in Russland
[illegible] Kalmükischen Steppe, 30 Meilen von
Wolga-Ufer, zuerst im Besitz von Herrn
[illegible]n Sarepta, und von ihm durch Herrn
[illegible] vorgelegt in der Sitzung am 18 November
[illegible]schaft der Naturforscher zu Moskau.

Die jedem Fachmanne bekannten, bei der raschen Entwickelung der Wissenschaft von Jahr zu Jahr sich steigernden Unzukömmlichkeiten, welche mit der cumulativen Herausgabe von Abhandlungen verbunden sind, die sich auf sämmtliche naturwissenschaftliche Fächer beziehen, haben die mathematisch-naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften bestimmt, ihre Sitzungsberichte in zwei gesonderten Abtheilungen erscheinen zu lassen.

Die **erste Abtheilung** enthält die Abhandlungen aus der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Anatomie, Geologie und Paläontologie; die **zweite Abtheilung** die aus der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

Von jeder dieser Abtheilungen erscheint jeden Monat mit Ausnahme von August und September ein Heft, welches drei Sitzungen umfasst. Der Jahrgang enthält somit zehn Hefte.

Dem Berichte über jede Sitzung geht eine vollständige Übersicht aller in derselben vorgelegten Abhandlungen voran, selbst wenn diese nicht zur Aufnahme in die Schriften der Akademie bestimmt werden.

Der Preis des Jahrganges beträgt für eine Abtheilung 12 Gulden ö. W.

Von allen grösseren Abhandlungen kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und sind durch die akademische Buchhandlung Karl Gerold's Sohn zu beziehen.

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLVI. BAND. III. HEFT.

Jahrgang 1862. — October.

(Mit 1 Tafel.)

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

WIEN.

AUS DER KAIS. KÖN. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAISERL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1862.

INHALT.

Seite

XXII. Sitzung vom 9. October 1862: Übersicht 299

Wöhler, I. Über die Bestandtheile des Meteoreisens von Bachmut in Russland 302

Haidinger, II. Die Meteoriten von Bachmut und von Paulowgrad, beide im Gouvernement Jekaterinoslaw 307

Weiss, Ad. und *Wiesner*, Über das Verhalten des Kupferoxyd-Ammoniaks zur Stärke 311

XXIII. Sitzung vom 16. October 1862: Übersicht 327

Toman, Beiträge zur Anatomie des Lymphgefäss-Ursprunges (Mit 1 Tafel.) 324

XXIV. Sitzung vom 23. October 1862: Übersicht 339

Hlasiwek, Über Volumsbestimmungen mit Zuziehung der Schwerpunktstheorie 342

Tuchon und *Fick*, Vorläufige Ankündigung einer Untersuchung über die Abhängigkeit der Muskelarbeit von der Stärke des Nervenreizes 350

Reitlinger und *Zerjau*, Über Schichtung durch Entladungsschläge der Leidner Batterie 352

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLVI. BAND.

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

XXII. SITZUNG VOM 9. OCTOBER 1862.

Der Secretär gibt Nachricht von dem am 29. August l. J. erfolgten Ableben des wirklichen, seit 1859 unter die Zahl der auswärtigen correspondirenden Mitglieder eingereihten, Mitgliedes, Herrn Franz Ritter von Carlini in Mailand.

Das hohe k. k. Staatsministerium übermittelt mit Zuschrift vom 14. August l. J. ein Exemplar der bisher erschienenen Lieferungen der von dem Bau-Departement dieses Ministeriums ausgearbeiteten Karten der Donau und der Theiss nebst den dazu gehörigen Denkschriften.

Dasselbe hohe Ministerium übersendet ferner, mit Zuschrift vom 17. September l. J., die von der nieder- und oberösterreichischen Statthalterei eingelangten graphischen Übersichtstabellen über die Eisbildung an der Donau und dem Marchflusse in den Winterperioden $186^0/_1$ und $186^1/_2$.

Herr Professor Dr. L. v. Pebal aus Gratz übermittelt ein versiegeltes Schreiben mit dem Ersuchen um Aufbewahrung zur Sicherung seiner Priorität.

Herr Johann Bürgl, Bergingenieur zu St. Gertraud bei Tüffer in Steiermark, übersendet einen Nachtrag zu seiner Beschreibung einer Vorrichtung zur Verhütung von Dampfkessel-Explosionen.

Herr Professor Dr. O. Schofka in Nikolsburg, übermittelt eine Abhandlung: „Über die kosmische Abkühlung und ihre meteorologischen Wirkungen".

Der Secretär legt Proben des neu entdeckten Metalles Thallium und dessen Chlorides vor, die er von Herrn Lamy in Lille nebst weiteren Nachrichten über die Eigenschaften dieses Metalles vor Kurzem erhalten hat.

Herr Hofrath W. Haidinger übergibt eine Abhandlung: „Über die Bestandtheile des Meteorsteines von Bachmut in Russland" von dem correspondirenden Mitgliede Herrn Wöhler in Göttingen.

ferner eine Mittheilung über „die Meteoriten von Bachmut und Paulowgrad, beide im Gouvernement Jekaterinoslaw".

Das c. M. Herr Adjunct K. Fritsch, legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Die Eisverhältnisse der Donau bei Wien, nach Original-Aufzeichnungen in den Jahren 1853 — 1862".

Herr Dr. K. Zittel aus Heidelberg, übergibt eine Abhandlung: „Die obere Nummuliten-Formation in Ungarn".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Königl. Bayer., zu München, Sitzungsberichte. 1862, I. Heft 1. München, 1862; 8°.

American Journal of Science and Arts, Vol. XXXIII. Nr. 99. New Haven, 1862; 8°.

Annalen der Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Friedr. Wöhler, J. Liebig und Herm. Kopp. N. R. Bd. XLVI. Heft 3; Bd. XLVII, Heft 1 und 2. Leipzig und Heidelberg, 1862; 8°.

Annales des mines, 6me Série, Tome Ier, 2e Livraison de 1862. Paris, 1862; 8°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1370 — 1383. Altona, 1862; 4°.

Austria, XIV. Jahrgang, XXX.—XL. Heft. Wien, 1862; 8°.

Bauzeitung, Allgemeine, XXVII. Jahrgang, VI., VII. und VIII. Heft nebst Atlas. Wien, 1862; 4°. & Folio.

Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences. T. LV, No. 3—11. Paris, 1862; 4°.

Cosmos, XIe Année, 21e Volume, 4e — 14e Livraisons. Paris, 1862; 8°.

Darstellung des Theissregulirungs-Unternehmens, mit einer Übersichtskarte des Theissflusses in 4 Blättern. Auszug aus einem Berichte des Ministerialrathes Ritter von Pasetti an Se. Excellenz den Herrn Minister v. Lasser. Wien, 1862; 4°. & Folio.

Grunert, Johann August, Archiv der Mathematik und Physik. XXXVIII. Theil, 3. Heft. Greifswald, 1862; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, herausgegeben von F. Vorwerk in Speyer. Band XVII, Heft 6; Band XVIII, Heft 1. Heidelberg, 1862; 8°.

Karte des Donau-Stromes innerhalb der Grenzen des österreichischen Kaiserstaates, herausgegeben vom k. k. Staatsministerium unter der Leitung des k. k. Ministerialrathes Ritter v. Pasetti. I.—IV. Lieferung. Wien; Gr.-Folio.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XII. Jahrgang, Nr. 22—28. Wien, 1862; kl. 4°.

Lotos. Zeitschrift für Naturwissenschaften, XII. Jahrgang, Juli bis August 1862. Prag; 8°.

Mittheilungen des k. k. Artillerie-Comité, Jahrgang 1862. VII. Bd., 1. Heft. Wien, 1862; 8°.

— des k. k. Genie-Comité, Jahrgang 1862. VII. Bd., 3. Heft. Wien, 1862; 8°.

— aus J. Perthes' geographischer Anstalt, Jahrgang 1862, V., VII. und VIII. Heft. Gotha; 4°.

Société Imp. de médecine de Constantinople, Gazette médicale d'Orient. VIe année, No. 4—5. Constantinople, 1862; 4°.

— Imp. des Naturalistes de Moscou, Bulletin. Année 1862, No. 1. Avec 4 planches. Moscou, 1862; 8°.

Vierteljahresschrift für wissenschaftliche Veterinärkunde. XVIII. Bd., 1. Heft. Wien, 1862; 8°.

Wiener medicinische Wochenschrift, XII. Jahrgang, Nr. 30 — 40. Wien, 1862; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft. XI. Jahrgang. Nr. 20—25. Gratz, 1862; 4°.

Zeitschrift für Chemie und Pharmacie von Emil Erlenmeyer. V. Jahrgang, 10—16. Heft. Heidelberg, 1862; 8°.

— für Fotografie und Stereoskopie, II. Jahrgang, Nr. 23 und 24. Wien, 1862; 8°.

— des österreichischen Ingenieur-Vereines. XIV. Jahrgang, VI. bis VIII. Heft. Wien, 1862; 4°.

I. Über die Bestandtheile des Meteorsteines von Bachmut in Russland.

Von dem c. M. F. Wöhler.

Den vereinten Bemühungen des Vorstandes des k. k. Hof-Mineralien-Cabinetes, Herrn Dr. Hörnes, und des k. k. österr. Generalconsuls in Odessa, Herrn v. Cischini, verdankt man sichere Aufschlüsse über den im District Bachmut in Russland gefallenen grossen Meteorstein, von welchem durch die gütige Verwendung und die Liberalität des General-Gouverneurs von Südrussland, Grafen von Stroganoff, und des Curators der Unterrichtsanstalten daselbst, Staatsrath v. Mohilianski, jetzt ein grosses Stück der Wiener Meteoritensammlung zum Geschenk gemacht worden ist. Nach den früheren Angaben des Prof. v. Giese [1]) und zufolge der neueren Nachforschungen des Herrn v. Mohilianski fiel dieser Stein am 3. (15.) Februar 1814 Mittags bei klarem Himmel unter starkem Explosionsgetöse im Gouvernement Ekaterinoslaw, District Bachmut (48° 41′ nördlicher Breite, 55° 40′ Länge). Er zersprang im Fallen in mehrere Stücke, welche zusammen ein Gewicht von ungefähr 50 russischen Pfunden hatten. Den grössten Theil davon (nach v. Giese ein Stück von 20 Pfund) bekam die Universität Charkow, zwei Stücke von ungefähr 9 Pfund erhielt das Gymnasium von Ekaterinoslaw. Das eine der letzteren ist das, welches jetzt im Besitze der Wiener Sammlung ist. Fragmente davon, die Dr. Hörnes die Güte hatte mir zu geben, mit dem Wunsche, die Bestandtheile dieses Meteoriten auszumitteln, dienten mir zu den Analysen, deren Resultate ich in dem Folgenden der kaiserl. Akademie vorzulegen die Ehre habe.

Der mit der gewöhnlichen schwarzen Rinde überkleidete Stein hat im Äusseren mit vielen anderen Meteoriten Ähnlichkeit. Er

[1]) Gilbert's Annalen 1815, Bd. 50, p. 117.

besteht aus einer hellgrauen, gebirgsart-ähnlichen Grundmasse, die mit grösseren und kleineren Partikeln von metallischem Eisen und gelblichem Schwefeleisen erfüllt ist; auch bemerkt man hie und da kleine Theilchen eines schwarzen Minerals, welches Chromeisenstein ist.

Aus mehreren Analysen, die ich vornahm, ergab es sich, dass dieser Stein ein Gemenge ist von

nickel-, kobalt- und phosphorhältigem Eisen	11·00
Einfach-Schwefeleisen	5·00
Chromeisenstein	2·00
Magnesia-Eisenoxydul-Silicat (Olivin)	41·56
durch Säure unzersetzbare Silicate	39·47
	99·03

Da er sichtlich ungleich gemengt ist, so versteht es sich, dass bei der Analyse von Fragmenten von anderen Stellen das relative Verhältniss der Gemengtheile etwas anderes gefunden werden kann. In dem Eisen wurden in 100 Theilen gefunden:

Eisen	90·00
Nickel	9·09
Kobalt	0·04
Phosphor	0·02
	99·15

Dass das im Stein enthaltene Schwefeleisen Einfach-Schwefeleisen, FeS ist, geht aus der Leichtigkeit hervor, mit welcher der Stein schon bei gewöhnlicher Temperatur mit verdünnter Salzsäure Schwefelwasserstoffgas entwickelt.

Der Chromeisenstein enthält ausser Chromoxyd und Eisenoxydul, Thonerde und Magnesia. Es blieb bei der Auflösung der durch Salzsäure nicht zersetzbaren Silicate in Flusssäuren als schwarzes schweres Pulver zurück.

Das Magnesia-Eisenoxydul-Silicat ist der durch Salzsäure zersetzbare Bestandtheil des Steines. Es besteht aus

Kieselsäure	36·86
Magnesia	35·65
Eisenoxydul	25·88
Manganoxydul	0·96
Kalk	0·50
	99·85

Der Sauerstoff der Basen ist gleich dem der Kieselsäure, das Silicat ist demnach als ein an Eisenoxydul reicher Olivin zu betrachten,

$$\left.\begin{matrix}MgO\\FeO\end{matrix}\right\}3\,SiO_3$$

eine Verbindung, die schon in so vielen Meteoriten angetroffen worden ist. Der Kalk rührt vielleicht aus den folgenden Silicaten her.

Diese durch Salzsäure nicht zersetzbaren Silicate wurden durch ein Gemisch von verdünnter Flusssäure und Salzsäure aufgeschlossen, ihr Kieselsäuregehalt also aus dem Verluste bestimmt. Sie bestanden aus:

Magnesia	22·38
Eisenoxydul	8·35
Thonerde	6·94
Kalk	3·13
Manganoxydul	1·53
Natron	1·13
Kali	0·55
Kieselsäure	55·99
	100·00

Da die Kieselsäure aus dem Verlust bestimmt wurde und man also keine Controle für die vollkommene Richtigkeit dieser Zahlen hat, so wage ich es nicht zu entscheiden, zu welchen Mineralien diese Bestandtheile unter einander verbunden sind. Indessen ist es auch hier, wie es Rammelsberg für den durch Säure unzersetzbaren Theil bei anderen Meteoriten berechnet hat, am wahrscheinlichsten anzunehmen, dass sie als Augit und Labrador im Stein enthalten sind. Denn geht man von der Magnesia aus und zieht vom Ganzen die Zusammensetzung eines Magnesia-Eisenoxydul-Augits ab, der ausserdem einen Theil vom Kalk und alles Manganoxydul enthält, so scheint der Rest auf die Zusammensetzung eines Labradors hinzudeuten.

Zu bemerken ist noch, dass das bei der Analyse enthaltene Chlornatrium vermittelst des Spectralapparates auf Lithion geprüft wurde, ohne dass sich jedoch eine Spur davon verrieth.

Ich glaube es unterlassen zu können, den Gang der Analysen im Einzelnen anzugeben, da sie nach den üblichen Methoden ausge-

führt wurden. Nur in Betreff der Bestimmung der Menge des metallischen Eisens und des Schwefeleisens will ich einige Bemerkungen machen. Das Eisen vollständig und ohne Gesteinmasse mit dem Magnet auszuziehen, ist unmöglich. Indessen um einen solchen Stein gehörig fein reiben zu können, ist es zweckmässig, aus dem noch gröblichen Pulver die grösseren Eisenkörnchen, die das Feinreiben verhindern, mit dem Magnet auszuziehen, das Pulver dann fein zu reiben und nachher das Eisen wieder hinzugeben.

Ein Versuch, den Gehalt an metallischem Eisen aus dem Volumen des mit Säure entwickelten Wasserstoffgases zu bestimmen, misslang zufällig; indessen dürfte diese Methode in solchen Fällen ganz anwendbar sein und es könnte dabei zugleich der Schwefelgehalt gefunden werden, indem man das gebildete Schwefelwasserstoffgas durch Hindurchleiten des Gases durch ein mit feuchtem Kalihydrat gefülltes und gewogenes Rohr absorbiren liesse.

Ein anderer Versuch, das metallische Eisen mit Jod und Wasser auszuziehen, wobei der Schwefel des Schwefeleisens frei zurückblieb, erforderte sehr lange Einwirkung und gab offenbar ein unrichtiges Resultat.

Das Verfahren, welches ich als das am leichtesten ausführbare und, wie mir scheint, sicherste anwandte, ist folgendes: Das sehr fein geriebene Steinpulver wird in einem luftdicht verschliessbaren Gefässe mit einer ziemlich concentrirten Lösung von neutralem Kupferchlorid übergossen, das Gefäss ganz damit angefüllt und unter sehr häufigem Schütteln mehrere Tage lang stehen gelassen. Man erkennt sogleich an der Farbe in dem Pulver die Reduction von Kupfer; nach und nach aber verschwindet es wieder, indem es sich in dem überschüssigen Chlorid als Chlorür wieder auflöst. Bei genauer Betrachtung, namentlich im Sonnenschein, sieht man, dass das gelbliche Schwefeleisen unangegriffen in dem Steinpulver zurückgeblieben ist. Dasselbe wird dann rasch abfiltrirt und das Filtrum zur Abhaltung der Luft mit Wasser gefüllt erhalten. Aus der Lösung wird das Kupfer durch Schwefelwasserstoffgas gefällt, das Eisen höher oxydirt, dann durch bernsteinsaures Ammoniak vom Nickel und Kobalt getrennt, geglüht, gewogen und daraus der Gehalt an Metall berechnet. Das ausgewaschene Steinpulver wird, zur Oxydation des Schwefeleisens, in ein erwärmtes Gemisch von Schwefelsäure und chlorsaurem Kali eingetragen, damit längere Zeit

digerirt und die Schwefelsäure dann aus der abfiltrirten Flüssigkeit durch ein Barytsalz gefällt.

Zur Bestimmung des kleinen, aber für die Meteoriten so charakteristischen Phosphorgehaltes wurde eine besondere Menge Stein mit Königswasser oxydirt, das Eisenoxyd durch bernsteinsaures Ammoniak gefällt und der geglühte Niederschlag mit kohlensaurem Natron bis zum Erweichen geglüht, ausgelaugt und die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt.

II. Die Meteoriten von Bachmut und von Paulowgrad, beide im Gouvernement Jekaterinoslaw.

Von dem w. M. W. Haidinger.

Mein hochverehrter Freund, Herr Obermedicinalrath Wöhler, vertraut mir die vorstehende Mittheilung über die von ihm durchgeführte Analyse des Bachmutsteines an, zur Vorlage an die hochverehrliche mathematisch-naturwissenschaftliche Classe. Indem ich heute seinem Wunsche entspreche, liegt es mir ob, einige Bemerkungen anzuknüpfen über die beiden in der Überschrift genannten Meteoriten, welche in dem Districte von Bachmut am 3. Februar 1814 und westlich von demselben in dem District von Paulowgrad am 19. Mai 1826, gefallen sind, beide im Gouvernement Jekaterinoslaw in Südrussland, beide östlich von dem letzteren Hauptorte.

Chladni schon gibt Nachricht von dem Falle am 3. Februar 1814 [1]). Seit 1840 befindet sich ein Stückchen von $^7/_8$ Loth (15·313 Grm.) in dem k. k. Hof-Mineralien-Cabinet, abgeschnitten von einem nur wenig grösseren Exemplare aus der königlichen Sammlung in Berlin, welches jetzt noch 3·84 Loth (preussisch, = 63·887 Grm.) wiegt.

In dem ersten der neueren Verzeichnisse der Meteoriten des k. k. Hof-Mineralien-Cabinetes vom 7. Jänner 1859 ist unter den Steinmeteoriten Nr. 53, 1825 ohne Datum aus dem Gouvernement Jekaterinoslaw. Das ebenfalls kleine Stückchen, von 11·485 Grm. war von Herrn R. P. Greg mitgetheilt worden. Er selbst machte später auf den 19. Mai 1826 als das wahrscheinliche Datum des Falles aufmerksam, welches sich in den Verzeichnissen findet, namentlich auch im 18. Bande von Poggendorff's Annalen (1830), Seite 185 [2]). Es heisst daselbst: Im russischen Gouvernement Ekate-

[1]) Über Feuermeteore, S. 304.

[2]) So auch bei Kesselmeyer im III. Bande der Abhandlungen der Senckenberg'schen Gesellschaft in Frankfurt a. M., S. 120; bei Buchner in demselben Bande, Quellenverzeichniss sind die Daten verwechselt, 26. Mai 1819.

rinoslaw, District von Paulograd fiel auf den Feldern einer Frau v. Sorbinoff ein Meteorstein, 80 Pfund schwer, Arch. des découv., 1826, p. 186, eine Nachricht, die wohl der Bestätigung bedarf". In dem 5. Bande (1847) des Archivs für wissenschaftliche Kunde von Russland von A. Erman ist S. 176 im Auszuge ein Verzeichniss von Meteorsteinfällen in Russland von Herrn Staatsrath Eichwald gegeben, welches zwar nur den Fall von 1814 am 15. Februar im Bachmuter Kreise des Gouvernements Jekaterinoslaw enthält, aber mit dem Beisatze in einer Anmerkung S. 178, dass Herr Eichwald „bei seiner Reise durch Südrussland, im Jahre 1829 im Museum der vaterländischen Alterthümer zu Odessa, einen grossen Meteorstein gesehen habe, der, so viel er sich erinnert, ebenfalls im Jekaterinoslawer Gouvernement gefallen war. Er hatte mehr als 1 Fuss im Durchmesser und war dem im Smolensker Gouvernement gefallenen Aërolithen ähnlich". Es wird nicht gesagt, welchen von diesen Aërolithen, deren drei angeführt werden, 1. 1807, 25. März „Timschino" im Juchnover Kreise, 2. 1809 „Kikino" im Wiasemsker Kreise, 3. 1818, 10. August „Slobodka" im Juchnower Kreise, welche indessen alle in Gustav Rose's Abtheilung Chondrit [1]) gehören. Freiherr von Reichenbach [2]) hat Bachmut, Kikina und Ekaterinoslaw in seiner ersten Gruppe der zweiten Sippe, der „weisslichen" Meteoriten mit einzelnen dunkeln Kugeln, Slobodka in der zweiten Gruppe, Kügelchen grobkörnig.

Aus Herrn v. Eichwald's Bericht konnte man schliessen, dass gerade dieser Stein es sei, der in dem Museum von Odessa aufbewahrt wurde.

Es war auch diese Nachricht eigentlich die Veranlassung, um welcher Willen mein hochverehrter Freund, Herr Director Hörnes sich um Nachrichten an unseren langjährigen hochverdienten Gönner, Herrn k. k. Generalconsul v. Cischini, um fernere Auskünfte wandte. Eine Masse, etwa von diesem Gewichte ist allerdings dort aufbewahrt, aber nach den erhaltenen Nachrichten war es mehr ein Gegenstand antiquarischer Natur, und es sollte davon auf keine Weise ein Stückchen behufs einer Untersuchung abgetrennt werden.

---

[1]) Monatsberichte der kön. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Gesammtsitzung am 7. August 1862.

[2]) Poggendorff's Annalen, 1859. CVII, 155.

So bleibt eine genauere Nachricht über diese Masse der Zukunft aufbewahrt. Dieser Stein war auch in der That, nach der freundlichen Mittheilung des Herrn N. Mowczakewicz, Secretär der archäologischen Gesellschaft von Odessa, an Herrn k. k. Generalconsul v. Cischini, im Jahre 1843 gefunden worden, in einem Grabtumulus im Gouvernement Ekaterinoslaw, District von Berdiansk, nächst dem Dorfe Mordvinovka. Berdiansk liegt bei 30 Meilen südöstlich von Paulowgrad am Azow'schen Meere.

Jener Stein von Paulowgrad ist also noch zu suchen. Die von Herrn R. P. Greg mitgetheilte Probe stammt von einem Stückchen, das blos mit der Bezeichnung 1825 Gouv. Jekaterinoslaw mit der Allan'schen Sammlung in seinen Besitz gekommen war. Auch an das britische Museum hatte er einen Theil abgegeben.

Da aber nun die Correspondenz einmal eröffnet war, so führten die Nachrichten auf die Spur der von dem Bachmutfalle am 3. Februar 1814 aufbewahrten Bruchstücke, und von diesen brachte nun Herr Director Hörnes diese weit ansehnlicheren Exemplare in unsere Sammlungen, und innerhalb den Kreis wissenschaftlicher Untersuchungen, als sie bis jetzt vorlagen. Der nähere Ort des Falles wurde als 10 Werst vom Kronsdorfe Alexeijewka im Bachmuter Bezirke angegeben.

Das von Herrn Greg in der Allan'schen Sammlung aufgefundene Exemplar darf aber mit grosser Wahrscheinlichkeit als vom Bachmutfalle selbst herrührend, angenommen werden.

Der 19. Mai 1826 verschwindet nun aus den Verzeichnissen unserer Meteoriten-Sammlungen, wenn er auch in dem Verzeichniss der Fälle vorläufig beibehalten werden muss.

Jedenfalls bildet die Aufsuchung des Steines vom 19. Mai 1826 eine sehr anregende Aufgabe für Meteoritenforscher.

Über den Stein selbst lässt sich nichts besonders Ungewöhnliches berichten. Die Masse desselben stimmt mit der Mehrzahl der Meteoriten mit weisslichgrauer Grundmasse überein. Sie ist auch wie in den meisten Fällen charakteristisch tuffartig. Doch sind die eingeschlossenen rundlichen oder eckigen Theile nur zerstreut, auf Entfernungen von einem halben bis zu einem Zoll und darüber. Einige derselben sind heller grau noch als die Umgebung und ganz fein, nahezu erdig, andere fester und mit parallelen, geflammten dunkleren Zeichnungen ausgestattet, beide ohne Eisen oder Kies.

Die letzteren beiden sind reichlich in der Hauptmasse enthalten, so wie rostbraune fleckige Färbungen, diese letzteren übrigens auch entschieden nach tuffartigem Ansehen in dem Gemenge enthalten.

Das Stück im k. k. Hof-Mineralien-Cabinet ist plattenförmig, die eine breite Seite geschliffen und polirt, die entgegengesetzte ganz flacher Bruch, Länge nahe 6 Zoll, Breite 4 Zoll, Dicke 1 Zoll, eine der kürzeren Seitenflächen überrindet; die Rinde ganz wenig schimmernd, beinahe matt, körnig-runzelig. Es wiegt 2 Pfund 2 Loth oder 1 K. 155.0·25 Grm.

Über das Verhalten des Kupferoxydammoniaks zur Stärke.

Von Prof. Dr. Adolph Weiss und Dr. Julius Wiesner.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 17. Juli 1862.)

Wir haben im verflossenen Jahre eine Arbeit über das Verhalten des Kupferoxydammoniaks zur Zellmembran, zum Zellkerne und Primordialschlauche [1]) in den Schriften der kaiserlichen Akademie veröffentlicht, welche zunächst durch eine Abhandlung von Cramer [2]) hervorgerufen wurde. Cramer hat in derselben auch das Verhalten von Kupferoxydammoniak zur Stärke in Betracht gezogen und auch H. v. Mohl [3]) theilt in seinen Untersuchungen über den stofflichen Charakter des Amylums einige Daten über die Einwirkung dieses Reagens auf Stärke mit.

Da unsere Beobachtungen nicht selten von denen Cramer's abweichen und weil H. v. Mohl das Verhalten von Kupferoxydammoniak nur insoferne in Betracht zog, als er die Anwesenheit oder das Fehlen von Zellstoff in der Stärke constatiren wollte, theilen wir, da sich zu dem unsere Untersuchungen auf eine grössere Anzahl von Stärkearten erstrecken, im Nachfolgenden die Resultate derselben mit.

I. Solanum tuberosum L.

Untersucht man frische Amylumkörner aus den Knollen dieser Pflanze und erfolgt die Einwirkung des Reagens nicht gar zu rasch, oder bei geringer Concentration desselben, so zeigen sich die ersten Spuren dieser Einwirkung jederzeit beim sogenannten Kerne des Kornes [4]). Der Vorgang hiebei ist folgender. An der Stelle des früheren Kernes erscheint unter dem Mikroskope zuerst ein dunkler Punkt

---

[1]) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. math.-nat. Cl. Bd. XLIV, p. 37 ff.

[2]) Vierteljahrschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. III, p. 1 ff.

[3]) Botanische Zeitung. Jahrg. 1859, p. 225.

[4]) Nach Cramer erfolgt die Einwirkung des Reagens stets Aussen und schreitet nach Innen fort; sie erfolgt nicht an der ganzen Oberfläche, sondern an dem dem Centrum ferneren Ende (Aphel) des Kornes, indem sich dort mehrere Warzen erheben, die sich

(Höhlung?), von welchem aus meist drei kleine Risse symmetrisch verlaufen; bald darauf zeigt sich dieser Punkt, nach Annahme grösserer Dimensionen, als deutliche Höhlung und gewinnt dann gewöhnlich ein sternförmiges Ansehen. Auch jetzt ist immer noch keine merkliche Quellung des Kornes erfolgt. Die Höhlung vergrössert sich immer mehr und mehr, indem sie Risse nach allen Richtungen aussendet, und das Korn im Innern allmählich aushöhlt. Die Schichtung, welche in ihren abwechselnden bläulichen und röthlichen Lagen bis jetzt noch immer vollkommen sichtbar war, fängt nun an etwas matter zu werden. Die Aushöhlung nimmt noch immer zu und zugleich fängt das Korn an sich beträchtlich zu vergrössern, wobei die Schichtung undeutlich wird. Anstatt dieses centralen Loches, welches wir jetzt beschrieben, bekömmt oft das Korn seiner ganzen Länge nach einen Riss, oder es höhlt sich dasselbe rundlich aus und bekömmt an seiner Oberfläche zahlreiche radiale, unzusammenhängende Risse. Zuletzt bleibt eine Hülle, die sich mannigfach faltet, und keine Spur von Schichtung mehr erkennen lässt. Mit Hilfe des Nikols analysirt, ist an ihr keine doppelte Lichtbrechung mehr bemerkbar. Die Contouren haben sich bei diesen Vorgängen beträchtlich geändert und erscheinen mannigfach ausgebuchtet, welche Ausbuchtungen indess keineswegs die Folge einer äusseren Anfressung, sondern lediglich das Resultat von Fältelungen sind. Die Körner quellen in der Regel sehr stark und rasch, die runden gleichmässig nach allen Dimensionen sammt allen ihren Schichten, die länglichen überwiegend in ihrer Längsrichtung. Bei zusammengesetzten Körnern verhalten sich die einzelnen Zusammensetzungsstücke wie die einfachen Körner.

Erfolgt die Einwirkung des Reagens rapid, so platzt das Korn und der innere Theil tritt an mehreren, meist an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen heraus, von denen die eine dem Kerne am nächsten, die andere am entferntesten liegt.

Oft erfolgt dieses Austreten seitlich, in beiden Fällen jedoch bekömmt das Korn oberflächlich Risse nach allen Richtungen. Auch

---

dann vergrössern. Sodann wird die Einwirkung in derselben Weise bemerkbar und schreitet von diesen beiden Enden gegen die Mitte zu. Jetzt erst wird der Kern angegriffen und bekömmt öfter Risse. Völlig gequollene Körner sind unregelmässig gefaltet und zeigen keine deutliche Höhlung im Innern und selten Schichten. — Der ganze Vorgang erinnert sehr an die von uns bei trockener Kartoffelstärke beobachteten Erscheinungen.

hierbei wird das Korn allmählich ausgehöhlt und es bleibt zuletzt, wie früher, die zusammengefaltete Hülle zurück. Die ausgequollene Substanz ist nicht doppelt lichtbrechend, zeigt aber bei nicht allzurasch erfolgtem Ausquellen deutliche Schichtung. Die grösste Quellung erfolgt auch hier erst dann, wenn der Kern schon beträchtlich ausgehöhlt ist.

Im Reagens erwärmt, bildet sich eine kleisterartige, leicht erstarrende, blau gefärbte Masse, die unter dem Mikroskope die stark vergrösserten Hüllen zeigt. Mit Jodlösung behandelt, färben sich diese Hüllen blau oder violet; doch erscheint auch die dazwischenliegende (herausgequollene) Masse durch Jod blau gefärbt. Schon diese Reaction liesse vermuthen, dass durch Kupferoxydammoniak das Amylum — bis auf seine Hüllen — gelöst wird, und weitere Versuche bestätigen dies.

Wenn man nämlich grössere Quantitäten von Stärkekörnern mit Kupferoxydammoniak behandelt, und öfters zur Entfernung des unter dem Mikroskope körnig erscheinenden Kupferoxydhydrates mit ammoniakalischem Wasser auswäscht, so zeigt sich der Charakter der zurückgebliebenen Hüllen ganz deutlich. Man erblickt sodann eine farblose Haut, die auf das Mannigfaltigste zusammengefaltet ist, aber keine Spur von Schichtung oder Organisation zeigt [1]). Manchmal glaubt man noch die Löcher zu sehen, wo der Kern angefressen wurde. Mit Jod behandelt, tritt allmählich eine Bläuung ein, wodurch die Fältelung noch deutlicher hervortritt; auch die herausgequollene körnige Masse wird blau gefärbt. Dabei fällt die Hülle stark zusammen. Fügt man vorsichtig nicht allzu concentrirte Schwefelsäure dazu, so schrumpft die gefaltete Haut noch mehr zusammen und färbt sich intensiver blau, wobei sie um das Doppelte aufquillt. Die scharfen Grenzen verlieren sich immer mehr und mehr, und endlich zerfliesst das ganze Gebilde unter Zurücklassung ochergelber Fetzen und Körner. Über die Ursache dieser Gelbfärbung kann man nicht im Zweifel sein; sie wird offenbar bedingt durch fein vertheiltes Kupferoxydul, welches durch Reduction des Kupferoxyds mittelst in Glukose umgewandelter Stärke gebildet wurde.

Im Reagens 48 Stunden stehen gelassen, zeigen sich die Körner auf ihrer Oberfläche granulös, was vom ausgeschiedenen Kupfer-

[1]) Der Umstand, dass eine Fältelung dieser Hüllen vorkömmt, lässt schon an und für sich auf eine Höhlung im Inneren schliessen.

oxydhydrat herrührt; bei Hinzufügung von Ammoniak lösen sich die Körnchen wieder und die starkgefalteten Hüllen bleiben zurück.

Die Spalten und Risse am Kerne der Amylumkörner bei Einwirkung von Kupferoxydammoniak erscheinen so, wie sie Nägeli in seinem bekannten Werke über die Stärke, Taf. XIII, Fig. 6—10, abbildet. In diesen Figuren stellt Nägeli Stärkekörner der Kartoffel dar, denen durch Behandlung mit absolutem Alkohol Wasser entzogen wurde. Der entstehende Hohlraum im Korne und die Risse in der Substanz erinnern hingegen ganz an Taf. XIII, Fig. 19 und 20 des genannten Werkes, worauf Kartoffelstärke nach Behandlung mit siedendem Wasser abgebildet ist. Die zurückbleibenden Hüllen verhalten sich eben so, wie es Nägeli von Kartoffelstärke nach Auflösung in Kali angibt. Er sagt[1]) „die Blase ist zusammengefallen und gefaltet. Sie färbt sich durch Jod violet, während ein zurückgebliebener Theil des Inhaltes körnig gefällt und blau wird".

Etwas verschieden sind die Erscheinungen, welche lufttrockene Kartoffelstärke bei Behandlung mit Kupferoxydammoniak zeigt. Bringt man nämlich sehr concentrirtes Reagens mit derselben in Berührung, so erfolgt die Einwirkung bei manchen Körnern ganz so wie oben angegeben, während bei anderen zunächst der peripherische Theil des Kornes immens aufquillt, und das scharf contourirte Innere bei fortschreitender Quellung des ersteren immer kleiner wird und endlich ganz verschwindet. Kurz vor seiner Auflösung zerfällt es oft in mehrere tröpfchenartige Partien.

Befeuchtet man lufttrockene Stärke auf der Objectplatte mit Wasser, so quellen die Körner auf, und fügt man sodann Kupferoxydammoniak dazu, so zeigt sich auch hier das zuletzt angeführte Verhalten.

Lässt man lufttrockene Kartoffelstärke durch längere Zeit mit Wasser in Berührung, so zeigt sich auch hier keine Veränderung bei der Einwirkung des Reagens. — In Speichel macerirte Stärke wird von frischem concentrirten Kupferoxydammoniak in kurzer Zeit gelöst[2]).

---

[1]) L. c. pag. 105. — Die Abbildung hiezu Taf. XIII, Fig. 18.

[2]) Das Gleiche fanden wir auch an Zellen des Markes und der Gefässe vom Stamme des *Cyperus papyrus*, welche wir zuerst mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure erwärmten und sodann durch zwei Monate im Reagens in einem verschlossenen Gefässe stehen liessen. Die ausgewaschenen Zellen verhielten sich wie Cellulose (z. B gegen Jod und Schwefelsäure), und es dürfte somit das oben erwähnte Verhalten der mace-

II. Canna indica L.

Die Einwirkung des Reagens auf die Stärkekörner im Rhizome dieser Pflanze erfolgt jederzeit von Aussen nach Innen, so wie es Cramer für diese Stärkeart angibt. Der Kern bekömmt erst dann Risse, wenn die Quellung am Rande bereits weit fortgeschritten ist, und dies geschieht zugleich mit einem Auftreiben (Platzen?) jener Stelle der Contour, welche dem Kerne am nächsten liegt. Die Quellung beginnt am Aphel des Kornes in einem Segmente, welches dasselbe zur Hälfte bis zu $^2/_3$ umfasst. Wenn die Quellung bereits einigermassen fortgeschritten ist, tritt auch am Perihel eine blasenartige Auftreibung auf. Die Quellung am Segmente wird immer beträchtlicher und geschieht in der Weise, dass sie das Korn zum Theile umfängt, wie denn überhaupt die Quellung nach der Breitendimension hier überwiegt.

Die Quellung geht selbst dann noch weiter, wenn von der festen Stärkesubstanz nichts mehr übrig ist. In der Richtung der grössten Breite des Kornes erfolgt sie am stärksten. Die zurückbleibende Hülle ist gefaltet und anfangs breit geschichtet (gelatinös). Die Schichtung des gequollenen Kornes ist nicht so scharf begrenzt wie die des ursprünglichen, sondern man unterscheidet blos mehrere breite Lagen, die eine verschiedene Consistenz zu haben scheinen. Jedenfalls wird bei *Canna* der Kern viel später angegriffen als bei *Solanum tuberosum*. Kleine Körner bekommen nach Einwirkung von Kupferoxydammoniak bald einen hohlen Kern, und haben dann ganz das Ansehen der kleinen Kartoffelstärkekörner gewonnen. Durch Jod färben sich die zurückgebliebenen Hüllen langsam blau. Diese Einwirkungen des Kupferoxydammoniaks auf das Amylum von *Canna* erinnern an die Wirkungen von Kalilösung auf die Stärkekörner derselben Pflanze, wie Nägeli dieselbe abbildet[1]).

III. Hedichium flavescens Carey[2]).

Die Körner erscheinen in mannigfaltigen Formen, theils als einfache, theils als halbzusammengesetzte. Die Schichten sind zahlreich,

---

rirten Stärke gegen Kupferoxydammoniak noch immer kein Beweis für die Abwesenheit der Cellulose in den Stärkekörnern abgeben. (Vgl. Bot. Zeitung 1859, p. 225 ff.)

[1]) L. c. Taf. XIII, Fig. 27, pag. 76.

[2]) Nach Fritzsche (Pogg. An. XXXII, p. 142. Taf. II, Fig. 40—49) sind die Amylumkörner im Rhizome dieser Pflanze oval, am vorderen Ende verschmälert und oft in eine Spitze ausgezogen, dabei sehr stark zusammengedrückt. Die Schichten sind zahl-

doch kann man auch hier röthliche und bläuliche unterscheiden. Der Kern ist schwer sichtbar und findet sich am schmäleren Ende des Kornes. Mit Kupferoxydammoniak behandelt, zeigen sich folgende Erscheinungen.

Die Einwirkung beginnt damit, dass das Korn am Perihel eine kleine Warze bekömmt, welcher bald seitlich zwei ähnliche folgen, die sich rasch darauf vergrössern, und endlich die ganze feste Masse des Kornes einschliessen. Man sieht die feste Substanz des Kornes, immer kleiner und kleiner werdend, noch lange als dichtere Masse im Innern liegen; das so aufgequollene Korn zeigt noch deutliche Schichtung, doch ist dieselbe nur mehr einfärbig, der Kern ist dabei hohl geworden. Bei halbzusammengesetzten Körnern; welche aus zwei Theilkörner bestehen, beginnt die Einwirkung damit, dass beide Theilkörner zu gleicher Zeit Auswüchse an jener Stelle bekommen, welche dem Cramer'schen Perihel entspricht. Diese Auswüchse vergrössern sich rasch, das Korn wird dabei bald ganz aufgezehrt, und eine farblose Hülle bleibt zurück, eine Hülle, welche undeutlich noch immer die Contour des ursprünglichen Kornes erkennen lässt. Durch Jodlösung werden alle Stadien gebläut. Die Einwirkung geschieht derart, dass zuerst eine blassviolete Färbung eintritt, welche endlich in Blauschwarz übergeht. Die im ursprünglichen Korne röthlichen Stellen scheinen lichter gefärbt, und die ganze Hülle zeigt dort Einschnürungen, wo im ursprünglichen Korne starke, breite Schichten auftraten.

IV. Daucus Carota L.

Die einfachen Stärkekörner aus der Wurzel der cultivirten Varietät zeigen erst bei starken Vergrösserungen die Details ihres Baues. Es gelang uns an denselben den meist etwas excentrischen, oft aber in der Mitte gelagerten Kern aufzufinden, um welchen herum sich wenige concentrische Schichten erkennen lassen, welche deutlich eine abwechselnd bläuliche und röthliche Färbung zeigen. Bei langsamer Einwirkung von Kupferoxydammoniak wird der Kern zuerst

reich, zart, ein Kern nicht bemerkbar. Dabei sind oft halbzusammengesetzte Körner mit 2—4 Theilkörnern, welche am vorderen Ende befindlich und daselbst vollständig durch Spalten getrennt, auf der hinteren Seite aber von den gemeinsamen Schichten des Kornes bedeckt sind. (Vgl. auch Nägeli und Cramer, Pflanzenphysiologische Untersuchungen Heft II, p. 442.)

angegriffen, er erscheint dann unter dem Mikroskope als ein kleiner, röthlicher Punkt, der sich rasch vergrössert und eine meist sternförmige Gestalt annimmt. Gleichzeitig werden die blauen und röthlichen Schichten des Kornes deutlicher, es quillt dabei rasch auf und die Höhlung in seinem Innern erweitert sich. Die Gestalt der Höhlung ist oft nach der Gestalt der Körner eine ganz verschiedene und die Quellung erfolgt um sie herum ziemlich gleichmässig; zuletzt bleiben gefaltete Hüllen zurück, mit einer deutlichen Höhlung im Innern. Mit Jodlösung färben sich die zurückgebliebenen Häute nicht mehr blau, sondern olivenbraun (?).

V. Raphanus sativus L var. niger.

Das Amylum zeigt runde Formen und quillt bei Behandlung mit Kupferoxydammoniak sehr rasch und gleichmässig auf. Nach längerer Einwirkung des Reagens ist eine Höhlung sehr gut bemerkbar und der deutlich sichtbare Kern bekömmt nicht selten Risse. Schliesslich bleiben nur mehr sehr zarte, gefaltete Hüllen zurück, welche sich mit Jodlösung bläuen und hierbei contrahiren; indess erfolgt die Färbung viel langsamer als bei den mit dem Reagens noch nicht behandelten Körnern.

VI. Orisa sativa L.

Die Amylumkörner haben einen centralen Kern und um denselben herum concentrische Schichten. Erfolgt die Einwirkung langsam, so beginnt sie wie bei der Kartoffelstärke mit der Aushöhlung des Kernes und während diese fortschreitet, quillt das Korn rasch bis zu einer oft 8mal grösseren Dimension auf. Die Quellung erfolgt proportional der Aushöhlung und es bleibt schliesslich eine mannigfach gefaltete Hülle mit einer grossen Höhlung im Innern zurück. Oft erscheinen zuletzt eigenthümliche, sternförmige Gebilde, von einer überaus zarten Contour umschlossen.

Behandelt man die Stärkekörner zuerst mit Jod, so dass sie gebläut werden und fügt hierauf erst Kupferoxydammoniak hinzu, so quellen sie rasch auf und entfärben sich hierbei sehr bald. Viele der stark gequollenen Körner färben sich mit Jod nicht mehr blau, sondern schmutzig ochergelb. Die zurückbleibenden Hüllen sind nicht mehr, oder höchstens äusserst schwach doppeltlichtbrechend.

VII. Euphorbia cyparissias L.

Das stabförmige Amylum im Milchsafte dieser Pflanze quillt bei Behandlung mit Kupferoxydammoniak stark an, doch mehr nach der Länge als nach der Breite. Es scheint inwendig ausgehöhlt zu werden und von demselben zuletzt nur mehr eine Hülle zurückzubleiben.

VIII. Euphorbia platyphyllos L.

Die Körner quellen sehr stark (2—3mal) bei der Einwirkung des Reagens nach der Längsrichtung an, weniger nach der Breite. Dass auch hier zuletzt nur eine Hülle zurückbleibt, scheint der Umstand darzuthun, dass man nicht selten, wiewohl undeutlich eine Fältelung an der Oberfläche bemerken kann. Weiteres Detail lässt sich an diesen Körnern selbst bei 1600maliger linearer Vergrösserung nicht wahrnehmen. Mit Jodlösung behandelt, färben sich sämmtliche Stadien blau.

IX. Solanum Dulcamara L.

Zusammengesetzte Stärkekörner aus der noch grünen Beere dieser Pflanze mit Kupferoxydammoniak behandelt, boten folgende Erscheinungen dar. Die Quellung erfolgt sehr rasch und geht Hand in Hand mit einer Aushöhlung der Körner. Meist erfolgt dieselbe ganz gleichmässig, doch nicht selten überwiegend nach zwei Richtungen, so dass hufeisenförmige Gestalten zum Vorscheine kommen. Die Aushöhlung ist in allen Fällen eine sehr beträchtliche. Zuletzt bleiben auch hier farblose Hüllen zurück, welche 4 — 6mal grösser als das ursprüngliche Korn sind. Mit Jodlösung werden dieselben stets blau gefärbt, doch geschieht die Einwirkung langsam und sie contrahiren sich dabei beträchtlich, oft auf $^1/_3$ ihrer früheren Grösse.

Im Ganzen lassen sich wohl die von uns gefundenen Beobachtungsresultate nur wenig verallgemeinern, indess ist gewiss immerhin das Verhalten der Stärke zu Kupferoxydammoniak ein sehr lehrreiches und eigenthümliches. Mit Sicherheit dürften indess doch folgende Sätze daraus resultiren, welche eine Bestätigung von auf anderem Wege gefundenen Beobachtungen liefern.

Die erste Einwirkung des Reagens erfolgt bei verschiedenen Amylumarten an verschiedenen Punkten, es muss daher die Consti-

tution verschiedener Stärkearten in Bezug auf Vertheilung und Widerstandsfähigkeit der einzelnen Schichten eine differente sein.

In den meisten Fällen wird der Kern und die Partien um ihn und im Innern des Kornes zuerst angegriffen, es müssen daher diese Partien auch bei den meisten Amylumkörnern eine Constitution haben, die von den anderen Partien derselben Körner verschieden und für das Reagens um so leichter angreifbar ist, als wenigstens die inneren Partien doch später mit demselben in Contact kommen.

Das Zurückbleiben einer gefalteten Hülle in allen von uns beobachteten Fällen liefert neuerdings den Beweis, dass sich die äussersten Partien (Membranen?) aller Amylumarten wesentlich von den inneren unterscheiden.

XXIII. SITZUNG VOM 16. OCTOBER 1862.

Herr Director K. W. Knochenhauer in Meiningen übersendet eine Abhandlung: „Über Flüssigkeiten im elektrischen Strome".

Herr Dr. K. Pokorny, Prosector an der k. k. Wiener Universität, überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Ein Monstrum mit Aprosopie als ein kleiner Beitrag zur Anatomie der Monstrositäten".

Herr Dr. Alb. Madelung aus Gotha legt eine Abhandlung „über die regelmässigen Verwachsungen verschiedener Mineralien mit einander" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin, Abhandlungen aus dem Jahre 1861. Berlin, 1862; 4°. — Monatsbericht. Juni 1862; 8°. — Preisfrage der philos.-histor. Classe der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften für das Jahr 1865; 8°.

Austria, XIV. Jahrgang, XLI. Heft. Wien, 1862; 8°.

Baeyer, J. J., Das Messen auf der sphäroidischen Erdoberfläche. Als Erläuterung meines Entwurfes zu einer mitteleuropäischen Gradmessung. Nebst 4 Kupfertafeln. Berlin, 1862; 4°.

Bibliothèque Universelle de Genève: Achives des sciences physiques et naturelles. LXVIme année. Nouvelle Periode, Tome X^e^, No. 37—40. Genève, 1861; N. P. Tome XIVe, No. 52, 54 & 55. Genève, 1862; 8°.

Brühl, Karl Bernhard, *Icones ad Zootomiam illustrandam.* Das Skelet der Krokodilinen dargestellt in 20 Tafeln zur Erleichterung des Selbststudiums. Wien, 1862; Folio.

Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, Tome XV, No. 12. Paris, 1862; 4°.

Cosmos, XIe Anneé, 21e Volume, 15e Livraison. Paris, 1862; 8°.

Gesellschaft, Naturforschende, in Basel, Verhandlungen. III. Theil, 3. Heft. Basel, 1862; 8°.

Gesellschaft, Oberhessische, für Natur- und Heilkunde, IX. Bericht. Giessen, 1862; 8°.

— Naturhistorische, zu Hannover, X. & XI. Jahresbericht. Von Michaelis 1859 bis dahin 1861. Hannover, 1860 & 1862; 4°.

— Königl. physikalisch-ökonomische, zu Königsberg, Schriften. II. Jahrgang 1861. II. Abtheilung. Königsberg, 1862; 4°.

Hamburg. Gelegenheitsschriften der Hamburger Stadtbibliothek. Hamburg, 1859—1862; 8° & 4°.

Heidelberg, Universität. Akademische Gelegenheitsschriften für 1861—1862. Heidelberg & Berlin; 8° & 4°.

Istituto, R., Lombardo di scienze, lettere ed arti. Atti. Vol. III. Fasc. I—IV. Milano. 1862; 4°. — Memorie. Vol. VIII. (II dell. Serie II.) Fasc. VII; Vol. IX. (III della Serie II.) Fasc. I, Milano, 1862; 4°.

— I. R., Veneto di scienze, lettere ed arti. Atti. Tomo VII°. Serie 3ª, Disp. 7ª—9ª. Venezia, 1861—62; 8°. — Memorie. Vol. X, Parte II, 1862. Venezia; 4°.

Jahresberichte. Siehe Programme.

Jena, Universität. Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1862. Hersfeld & Jena; 8° & 4°.

Kokscharow, Nicolai v., Beschreibung des Alexandrits. Mit 3 Tafeln. (Mém. de l'Acad. Imp. d. sciences de St. Pétersbourg, VII° Serie, T. V, No. 2.) St. Petersburg, 1862; 4°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XII. Jahrg., Nr. 29. Wien, 1862; kl. 4°.

Liharžik, Franz, Das Gesetz des Wachsthums und der Bau des Menschen etc. Mit 8 Tabellen und 9 lithogr. Tafeln. Nebst Prospectus. Wien, 1862; Gr.-Folio & 4°.

Loewy, Benjamin, Die Colonie Victoria in Australien; ihr Fortschritt, ihre Hilfsquellen und ihr physikalischer Charakter. Mit Zugrundelegung amtlicher Quellen dargestellt in Abhandlungen. Melbourne, 1861; 8°.

Maatschappij der Wetenschappen, Hollandsche, te Haarlem, Natuurkundige Verhandelingen. Tweede Verzameling. XVI. Deel. Haarlem, 1862; 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geograph. Anstalt, Jahrgang 1862. IX. Heft. Gotha; 4°.

Nowakowski, Janusz Ferd., Życie i prace naukowe Jana Purkyně'go. Z Portretem. Warszawa, 1862; 8°.

Programme und Jahresberichte der Gymnasien zu Bistritz, Brixen, Czernowitz, Feldkirch, Iglau, Melk, Pilsen, Schässburg, zu den Schotten und am k. k. Theresianum in Wien, zu Teschen, Zara und Zengg, für das Schuljahr 1861/2; 4° & 8°.

Radcliffe Observatory, Astronomical and Meteorological Observations made in the Years 1859 & 1860. Vol. XX. Oxford, 1862; 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische, in Wien, Jahrbuch. 1861 & 1862. XII. Band, Nr. 3. Mai — August 1862. Wien; 8°. — Die fossilen Mollusken des Tertiärbeckens von Wien. Von M. Hörnes. II. Band, Nr. 3, 4. Bivalven. Mit 20 lithographirten Tafeln; 4°.

Rossi, Luigi Maria, Sulle cause, sui limiti e sulle mutue attinenze de' fenomeni nervosi. Padova, 1860; 8°.

Santini, Giov., Posizioni medie di 2246 stelle distribuite nella zona compresa fra li 12° 30′ e li 15° di declinazione australe. (Estr. dal. Vol. X delle Mem. dell' Istituto Veneto.) Venezia, 1862; 4°. — Cenni storici intorno alla misura dell' arco del Meridiano di 25° 20 eseguita in Russia dal 1812 fino al 1852. (Estr. dalla Revista dei Lavori dell' I. R. Acad. d. Sc. L. ed A. di Padova, 3° e 4° Trim. del 1861—62.) Padova, 1862; 8°.

Semmelweis, Ig. Ph., Offener Brief an sämmtliche Professoren der Geburtshilfe. Ofen, 1862; 8°.

Sinnett, Frederick, An Account of the Colony of South Australia prepared for Distribution at the International Exhibition of 1862. London, 1862; 8°.

Société de Biologie, Comptes rendus des séances et Mémoires. Tome IIe de la 3me Série. Année 1860. Paris, Londres, New York, 1861; 8°.

— géologique de France, Bulletin. 2me Série, Tome XVIIIe, Feuilles 44—52. 1860 à 1861, Tome XIXe, Feuilles 13—32. Paris, 1861 à 1862; 8°.

Society, the Asiatic —, of Bengal, Journal. N. S. Vol. XXX. No. 3 & 4. 1861. Vol. XXXI, Nr. 1. Calcutta, 1862; 8°.

— The Royal —, Proceedings. Vol. XI, No. 47 & 48. London, 1861 & 1862; 8°.

Society, the Chemical —, Journal. Vol. XV. 1—4. (No. 57—60.) London, 1862; 8°.

— The Royal Geographical —, of London, Journal. Vol. XXXI. London, 1861; 8°. — Proceedings. Vol. VI, No. 3 & 4. London, 1862; 8°.

— The American Philosophical —, Proceedings. Vol. VII. No. 64. Philadelphia, 1861; 8°.

Verein, naturhistorisch-medicinischer, zu Heidelberg, Verhandlungen. II. Band, 6. Heft. Heidelberg, 1862; 8°.

— für Naturwissenschaften zu Hermannstadt, Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. XIII. Nr. 1—6. Hermannstadt, 1862; 8°.

— für Naturkunde zu Pressburg, Verhandlungen. IV. Jahrgang 1859, V. Band, 1860 & 1861, Pressburg; 8°.

Wien, Universität, Verzeichniss der Vorlesungen im Wintersemester 1862/63. Wien, 1862; 4°.

Wiener medicinische Wochenschrift, XII. Jahrgang, Nr. 41. Wien, 1862; 4°.

Zantedeschi, Di un elettroscopio dinamico-atmosferico et delle osservazioni elettro-dinamiche eseguite con esso. (Estr. dal. Vol. VII, Serie 3ª degli Atti dell' Istituto Veneto.) 8°.

Beiträge zur Anatomie des Lymphgefäss-Ursprunges.

Von **Dr. Wladimir Tomsa,**
Assistenten der Physiologie an der k. k. med. chir. Josephs-Akademie.

(Mit 1 Tafel.)

Da wir mit grosser Bestimmtheit den Ausspruch thun können: die Lymphabsonderung sei zunächst das Product der inner- und ausserhalb der Blutgefässe waltenden Druckdifferenzen, so tritt vor Allem die Frage an uns heran: wo sammelt sich dieses Product, und auf welchem Wege wird es in jene schon bekannten Bahnen, die mit Klappen versehenen Lymphgefässe geleitet, um in das Blut wieder zurück zu gelangen?

Die Örtlichkeit des physiologischen Versuches regelte die Topographie unserer anatomischen Arbeit. Bezüglich des Ursprunges und Verhaltens der Lymphgefässe im Hoden verweise ich an die in Gemeinschaft mit Herrn Prof. Ludwig veröffentlichte Arbeit; — es erübrigt nur noch die Resultate, wie sie sich aus den Untersuchungen an der Hundeschnauze herausstellen, zu besprechen, mit jenen der schon beschriebenen Örtlichkeit zu vergleichen und in Einklang zu bringen.

Der speciellen anatomischen Beschreibung möge ein kurzer Rückblick auf die eben herrschenden Ansichten in diesem Gebiete vorangeschickt werden.

Zur Zeit, als wir an den Versuch gingen, die Lymphursprünge zu untersuchen, stritten die zwei Ansichten um den Rang des Positiven: ob die Lymphgefässanfänge, sogenannte Capillaren, einen geschlossenen, rings von der Ernährungsflüssigkeit umgebenen Ursprung fänden und aus letzterer auf osmotischem Wege ihren Inhalt bezögen, — oder ob die Giltigkeit der Brücke'schen Theorie für die Chylusanfänge auch auf die Lymphgefässe erstreckt werden solle, der zufolge die im Bindegewebe befindlichen Lücken als Lymphreceptacula zu betrachten wären, welche ihren Inhalt in die gröberen, rundlichen Lymphröhren und Lymphgefässe auf directem Communicationswege ergiessen.

Die Morphologie des Ursprunges erlitt verschiedene Deutungen und Beschreibungen. Berücksichtigung verdient in dieser Beziehung die Beschreibung der Lymphgefäss-Anfänge in den Schwänzen der Batrachierlarven von Kölliker, die nach ihm „sich hier als den Blutcapillaren dem Baue nach im Wesentlichen gleich verhalten. Es besitzen diese Lymphcapillaren, die als zierliche Bäumchen von einem obern und untern *vas lymphatium caudale* aus in den durchsichtigen Säumen der Schwänze sich ausbreiten, sammt ihren Stämmen eine einzige sehr zarte structurlose Haut mit innen an derselben anliegenden Kernen, und unterscheiden sich von den Blutcapillaren der genannten Larven im Bau einzig und allein durch die Anwesenheit von vielen kürzeren und längeren von ihrer Membran ausgehenden feinen Zacken, die ihnen ein eigenthümliches buchtiges Aussehen geben".

Leydig benützte die Bindegewebskörperchen Virchov's, welche als Saftcanäle die Ernährungsleitung in den Geweben vermitteln sollten, zu Lymphgefässanfängen, auf die Gefahr hin, als er auch den Blutcapillaren dieselbe Geburtsstätte zuweist, eine offene Communication für beiderlei Gefässe ohne Weiteres in Aussicht zu stellen.

Die über diesen Gegenstand in der Neuzeit veröffentlichten Arbeiten und die Resultate unserer eigenen Untersuchungen, haben den sogenannten „geschlossenen" Lymphgefäss-Ursprung als im hohen Grade unwahrscheinlich erscheinen lassen, obgleich Teichmann noch mit grosser Entschiedenheit für „geschlossene" Lymphcapillaren einzustehen bemüht ist, ihnen eine eigene, jener der Blutcapillaren ähnliche Membran vindicirt und sie theils netzförmig, theils blind sich bilden lässt, im erstern Falle den Knotenpunkt netzförmiger Confluenz mit dem Namen „Saugaderzelle" bezeichnend. Wenn ich die Teichmann'schen Abbildungen noch so aufmerksam betrachte, bleibt es mir dennoch unbegreiflich, wie der Autor aus diesem Wirrwarr von verschieden mächtigen Anastomosen Bilder eines „genetzten" Habitus erlangt hat, und wie er da, wenn er schon auf den speciellen Begriff Gefäss einen besonderen Werth legt, an all' den Orten, wo sich mehrere Gefässstämme zu einem Ganzen, wenn auch in bulböser Form vereinigen, von Lymphaderzellen sprechen kann. Ich glaube, dass die Teichmann'sche Deutung seiner Präparate ihrer sonstigen Vollkommenheit nicht gleichen Schritt halte.

Ähnlich spricht seine Meinung auch His[1]) aus, bezüglich der die Peyer'schen Follikel umgebenden Lymphsinus, welche Teichmann als geschlängelte Röhren deutet, während ihnen His die Gestalt schalenförmiger Räume zuschreibt. Im Übrigen bestätigt His in seiner Arbeit die von Brücke ausgesprochene Ansicht: die Chylusanfänge seien wandungslos, nur von der umgebenden Bindesubstanz gebildet und erklärt die Darmschleimhaut als „adenoide Substanz", für ein, den Lymphfollikeln gleichwerthiges Gewebe.

Die neueste Abhandlung über den Lymphgefässursprung von Recklinghausen: „Die Lymphgefässe und ihre Beziehungen zum Bindegewebe" lässt sie innerhalb des Bindegewebes aus einem eigenen Saftcanalsystem hervorgehen, in welchem jedoch zugleich die Anwesenheit der Bindegewebskörperchen in vollkommener Zellenform warme Vertheidigung findet. Diese Canäle münden an einer epithellosen Stelle der eigentlichen Lymphgefässe in das Lumen dieser ein und führen ihnen also auf directem Wege ihren Inhalt zu. Alle Lymphgefässe sollen nach Recklinghausen mit Epithel ausgekleidet sein.

Die Anfänge der Lymphbahnen in der Hundeschnauze.

Wie schon bei der Untersuchung der Hodenlymphgefässe, bediente ich mich zur Evidentmachung der Lymphgefässe in der Oberlippe des Hundes der Injection mit Leimmasse und zwar mit löslichem Berlinerblau nach vorhergegangener Füllung der Blutgefässe mit Carminleim.

Die Anfüllung der Lymphursprünge geschah auf doppelte Weise, einmal von den Lymphgefässen aus, da, wo sie in gleicher Richtung mit dem Lippenrande verlaufen, jedoch etwa fingerbreit oberhalb desselben im vorderen Dritttheil der Lippe in die Tiefe dringen und in spärlichen Netzen die Lippenmusculatur durchsetzen, — das andere-mal an verschiedenen Stellen mittelst feiner Einstiche von der Mundschleimhaut aus. Auf letztere Art war es mir einmal möglich, die grossen Lymphgefässe auf der einen Seite sehr zahlreich zu füllen und die Injectionsmasse bis in die Unterkiefer-Lymphdrüse zu leiten.

---

[1]) Untersuchungen über den Bau der Peyer'schen Drüsen in der Darmschleimhaut.

Die in Alkohol gehärteten Präparate stimmten unter dem Mikroskope mit den am Hunde- und Menschenhoden gemachten Erfahrungen vollkommen überein. Lymphspalten sammeln im Schleimhautsubstrate der Oberlippe das Blutfiltrat und seine Abkömmlinge in grosser Menge und in der verschiedensten Anordnung, und vereinigen sich bereits in der straffen Submucosa stellenweise zu deutlich rundlichen und selbstständigeren spärlichen Lymphröhrchen. Dies gilt jedoch nicht von den sämmtlichen Spalten. Diese setzen sich vielmehr in grosser Menge in ihrer Eigenschaft als Spalten noch weiter nach aussen durch das die Lippenmuskel umhüllende Bindegewebe fort, um oberhalb der Muskel erst wieder zu confluiren und mit grossen Lymphgefässen sich zu verbinden. Das intermusculäre Lacunensystem gibt eine getreue Wiederholung des Verhaltens im lockeren Bindegewebe und im Hodenparenchym. Was der Samencanal im Grossen, ist das Bindegewebsbündel und das Muskelprimitivbündel im Kleinen. Erscheinen die lymphsammelnden Klüfte und verzweigten röhrenförmigen Räume um die Samencanälchen grösser und umfangreicher, so verdienen die Umhüllungsräume der Bindegewebs- und Muskelbündel den Namen Spalten im engeren und eigentlichen Wortsinne und ihre Configuration ist an die verschiedene Richtung und Stellung der zwischenliegenden Bündel gewiesen.

Betrachten wir z. B. den beiliegenden Oberlippenquerschnitt, der bei einer Vergrösserung von 400 bei *A* das Gewebe der Lippenmucosa, bei *B* hinzutretende Lippenmusculatur zeigt. Überall sehen wir ein gleiches Verhalten: grössere Paquete sowohl des Muskels als des Bindegewebes werden von mächtigeren Spalträumen umfasst und in demselben Masse, als sich die Gesammtbündel in immer kleinere und schmächtigere Bündelchen zertheilen, rieseln der Zerklüftung die Lymphströmchen nach. Eine schwache Injection lässt diese Spalten so dünn und linear gefärbt erscheinen, dass man selbst bei starker Vergrösserung keine hinreichend scharfe Marke ihres Aufhörens mehr wahrnimmt und die gewöhnlichen sternförmigen Figuren des Bindegewebes nur einen bläulichen Schimmer erhalten.

Ein Vergleich der Präparate vom Hoden und der Oberlippe verschafft uns daher die Überzeugung, dass wir von den Lymphgefässen aus ein Lacunensystem injiciren können, das sich nur im Bereiche des sogenannten Bindegewebes ver-

breitet, und dass die fraglichen Räume eher im Sinne der Zellen des historischen Zellgewebes, als in jenem modernen Wortlautes aufzufassen seien.

Der Lymphgefässursprung und das Bindegewebe.

Die Unzertrennlichkeit des Lymphgefässursprunges vom Bindegewebe musste unsere Aufmerksamkeit auf die Entscheidung der Frage concentriren, ob diejenigen Gebilde, die man bisher entweder als plasmatisches Zellennetz oder Saftcanalsystem mit eingelagerten Zellen, als saftführende Fasern oder simple Gewebslücken aufgefasst hatte, zugleich den Lymphgefässen zum Ursprunge dienen.

1. Die Lymphlacune und das Bindegewebskörperchen.

Die Frage, was die injicirten Räume in dem Bindegewebe zwischen der Muskelsubstanz und dem Hodenparenchym repräsentiren, kann ich nur dahin beantworten, dass sie Gewebslücken im Sinne Henle's sind, frei von jedem dieser Örtlichkeit als solcher zukommenden zelligen Gebilde.

v. Recklinghausen, der in seiner neuesten Arbeit die Lymphgefässe ebenfalls aus „Saftcanälen", die sich im Bindegewebe verbreiten, entspringen lässt, vindicirt diesem Saftcanalsysteme noch die sogenannten Bindegewebskörperchen, d. i. Zellen, die diesen Räumen als solchen angehören, mögen sie nun reichlicher oder sparsamer vorhanden sein, mögen sie sich als vollständige Zellen oder nur als Kerne der Beobachtung präsentiren. Was die Möglichkeit des Vorkommens in letzterer Form anbelangt, spricht v. Recklinghausen seine Ansicht folgendermassen aus: „Wenn die Lymphe schon nach einfacher Verringerung der Concentration nur noch nackte Kerne erkennen lässt, so gilt jene Vorschrift für die Bindegewebskörperchen besonders hinsichtlich der Frage, ob blos Kerne oder Kerne mit Protoplasma und Membran in den Saftcanälchen irgend welcher Localität existiren".

Dieser Behauptung v. Recklinghausen's widersprechen die Ergebnisse unserer Injection. Sämmtliche Präparate weisen nur zellenfreie Lückenanastomosen nach, und wenn in dem Bilde die sogenannten „Bindegewebskörperchen" oder nach einigen Autoren

„Bindegewebskerne" irgend wo sichtbar werden, so sind sie jedesmal ausserhalb des Bereiches der Lacunen, nie in der Injectionsmasse selbst suspendirt, aber zumeist in allernächster Nachbarschaft der Spalten, ja sehr häufig wie mit der Wand der blassen bindegewebigen Begrenzung verwachsen.

Wenn unsere Injectionspräparate darauf hinweisen, dass die Bindegewebskörperchen zunächst die Peripherie eines Bindegewebsbündels behaupten, so kann es trotzdem den Anschein gewinnen, als lägen die „Kerne" auch noch in grösserer Zahl innerhalb des Bündels gebettet. Hier muss man nur berücksichtigen, dass, wie uns die Bilder aus der Oberlippe lehren, das, was den Namen eines gröberen Bündels führt, noch in immer dünnere, von Lymphe vielseitig umfluthete Partialbündel zerfällt, diesen Fissuren aber auch da immer noch die Bindegewebskörperchen von Stelle zu Stelle zur Seite stehen. Während eine ausgiebige Injection der Lymphspalten diese eben berührten Verhältnisse aus einander faltet, sitzen die Bindegewebskörper bei leeren Lacunen mehr gehäuft beisammen, wie in das Innere der Bindesubstanz eines groben Bündels eingelagert.

Während z. B. die Hodenalbuginea die Verbindung der Zellenresiduen mit dem Bündel höchst einfach declarirt, verwischt sich dieser Befund bei den ohne strenge Ordnung unter sich gemengten und an einander gelehnten Bindegewebszügen der Lippenschleimhaut und Submucosa. Auf ähnliche Weise verwirren das Bild die einzelnen Stützfasern des Hodenparenchyms, wo die Bündel oft so mager werden, dass der Zellenrest an einer fädigen Fibrille hängen geblieben zu sein scheint, oder das Bild einer defibrillirten Spindelzelle mit centraler Anschwellung vorgespiegelt wird.

Das Verhältniss der Lymphlacune zum Bindegewebskörperchen sieht man am vortheilhaftesten an Injectionspräparaten, die man vorher mit Essigglycerin behandelte, oder an solchen, die man andauernd gekochten Objecten entnommen, und mit Carmin imbibiren liess. In der Oberlippe des Hundes sitzen die Bindegewebskörperchen reichlicher, während ihre Anwesenheit im Hundehoden nur äusserst sparsam ausfällt. Dafür liefert der Hoden des Menschen ein treffliches Bild für diese Verhältnisse. Das Bindegewebe, welches die Samencanälchen von einander trennt, ist mächtiger als beim Hunde, enthält auch zahlreiche Bindegewebskörperchen und man gewahrt die das schmächtigere Lückensystem durchziehenden

blauen Leimströmchen in voller Klarheit sich dahinwinden, ohne mit den an diesem Orte mehr rundlichen Bindegewebszellen in Berührung zu treten.

Es kann allerdings der Fall vorkommen, dass man manchmal einen zelligen Inhalt innerhalb der Lymphlacunen antrifft, jedoch wird dieses immer nur ausnahmsweise und in krankhaften Zuständen stattfinden.

Es kamen uns z. B. unter den vielen angefertigten Injectionen mehrere Fälle von Neoplasmen und Atrophieen der Hundehoden vor, wo die Bindegewebslücken gelbliche grosse, granulirte Zellen enthielten, die weder mit den länglichen Bindegewebszellen noch mit dem Epithel der Samencanälchen in Übereinstimmung gebracht werden konnten, sondern nur mit neugebildeten grosskernigen Zellen in Verwandtschaft stehen mochten, die, stellenweise makroskopische Knollen bildend, aus der Bindegewebshülle der Samencanälchen keimten. Hier intervenirte eine krankhafte Erscheinung eine anomale Zellenproduction, in deren Gefolge die Bindegewebsfibrillen verändert aus einander gezerrt wurden und den Zellen ein Weg in die ebenfalls veränderten Lymphlacunen gebahnt war.

Eine andere künstliche Bereicherung mit Zellen erfuhren öfter die Bindegewebslücken durch die Samenepithelien, die in Folge der Schnittführung luxirt, am Messer fortgeschoben und an irgend einem beliebigen Punkte des Präparates abgelagert wurden.

2. Die Wandungen der Lymphgefässanfänge.

Für die Frage nach der Wand der Lymphsinus sind unsere Injectionen dahin entscheidend, dass die Begrenzung ausschliesslich von den nachbarlichen Bindegewebsbündeln gebildet wird, und darum, je zahlreicher und schmächtiger die einander berührenden Bündel, desto zackiger und vielgestaltiger, unregelmässiger die Lymphspalte.

Untersucht man identische Schnitte injicirter und nicht injicirter Präparate oder auch unvollständige Injectionen, so erhält man in beiden letzteren Fällen je nach der Schnittführung entweder mehr verästigte Spaltfiguren des Querschnittes oder mehr geradlinige Streifen zwischen den Bündeln des Längsschnittes, oder Combinationen beider. Diese anscheinend dem elastischen Gewebe angehörigen, die

Bindegewebsbündel begrenzenden Figuren sind nichts anderes als der optische Ausdruck einander berührender und gegen einander geneigter Bindegewebsflächen, die nur stellenweise durch die verschieden erhaltenen Reste der Bindegewebszellen mehr markirt werden, da letztere den einzelnen Bindegewebsbündeln äusserlich in verschieden geformten Krümmungen anliegen und wohl auch an einander stossen, „verwachsen" können.

In dieser Beziehung äussert sich Kölliker in seinen neuen Untersuchungen über die Entwickelung des Bindegewebes folgendermassen: „Meinen Untersuchungen zufolge existiren in den Sehnen und den verwandten Bildungen wirkliche Zellen, die aber seltener durch Fasern, vor Allem durch zarte blatt- und bandförmige oder hautartige Ausläufer sich verbinden und so eine eigenthümliche Art von Scheidewänden erzeugen, welche die Bindegewebsbündel von einander sondern. Die sogenannten elastischen Begrenzungshäute und Platten Henle's und Anderer gehören alle den Zellen an, die auch mit Allem, was dazu gehört, durch eine geeignete Behandlung der Sehne sich isoliren lassen".

Ich kann diese „eigenthümlichen Scheidewände" nicht mit dem Gesammtbilde der Trennungslinien innerhalb des Bindegewebes identificiren, da die Injectionspräparate mit der grössten Schärfe darthun, dass sich diese von Kölliker solid gedeuteten Begrenzungen den Injectionsströmchen öffnen und dann nur von Stelle zu Stelle auf beiden Begrenzungslinien einzelne Verdichtungen aufzuweisen haben, die bei Aufhellung mit Essigsäure oder an gekochten Präparaten den überaus verschmächtigten Bindegewebskern als Rest der einstigen Bindegewebszelle zur Schau tragen.

Verbindung der Lymphgefässe mit den Lymphspalten.

Die Communication, welche zwischen den Klappen und Epithel führenden, mit selbständigen contractilen Wandungen versehenen Lymphgefässen und den Ursprüngen derselben stattfindet, ist eine doppelte: entweder lösen sie sich bei raschem Verluste der Klappe des Epithels und der Muskelzelle in die Bindegewebsspalten direct auf, indem ihre Höhlung nur noch von locker gefügten Bindegewebsbündeln begrenzt wird; — oder zwischen die Lymphspalten und die contractilen Lymphgefässe schiebt sich noch

eine mehr selbständige Übergangsform ein, die Lymphröhre. Zwischen Lymphröhre und Lymphlacune besteht jedoch kein physiologischer Unterschied, ihre morphologische Verschiedenheit hat blos auf ihr topographisches Lager, das Bindegewebe Bezug. Wenn die zackige Lymphlacune gelockertes Bindegewebe durchsetzt, bedeutet das Lymphrohr einen mehr röhrenförmigen Raum, den verdichtete und mehr geradelinig angeordnete Bindegewebsbündel umgeben.

In der Hundeschnauze ist desshalb das Gebiet des Lymphrohres vermöge der anatomischen Grundlage ein äusserst beschränktes, während die Ausbreitung desselben im Hoden ein weiteres Terrain, den Subalbuginealraum und die Septa beherrscht.

Ich möchte, was die gegenseitige Anordnung dieser Räumlichkeiten anbelangt, das Lymphrohr mit dem Lungeninfundibulum, die Lacunen mit den Lungenbläschen vergleichen. Ersterem sitzen allseitig die Lymphspalten auf, nur ist das Klaffen der Lumina ein veränderliches. Während die terminalen Lacunen vermöge der ihr Rayon beherrschenden Capillargefässvertheilung in ununterbrochener von den Druckdifferenzen abhängigen verschiedener Füllung und äquivalenter Communication mit ihren Röhren angetroffen werden, öffnen sich die innerhalb des verdichteten Bindegewebes befindlichen Spalten nur in Folge local erhöhter Spannungen innerhalb der Lymphwege, in ödematösen Zuständen der Organe oder intensivem Injectionsdrucke. Erkennt man den terminalen Spalten die Function zu, das Blutfiltrat zu sammeln, betrachtet sie als Ernährungsreservoirs, so ist man genöthigt, die den klappenführenden Gefässen näher angebrachten Fissuren gleichsam als ausser Verwendung gebrachte, nur noch ausnahmsweise fungirende obsolescirende Ernährungsleiter anzusehen. Aussergewöhnlich hohe Spannungen des Inhaltes innerhalb des Lymphrohres, wie ödematöse Zustände und starke Injectionsdrücke verwischen die scheinbare Selbständigkeit des Lymphrohres, indem sie es in die Lymphspalten seiner Begrenzung zerlegen.

Die zackige Lymphspalte kann auch durch Veränderungen ihres Lagers zum Lymphrohre sich gestalten. Diese Metamorphose konnte ich an einer narbigen Hodenatrophie, wo die Blutgefäss- und Lymphgefässinjection vollkommen gelungen war, studiren. Ganze Läppchen des Organes waren stellenweise geschwunden, und an die Stelle der Samencanäle dichtes, zellenarmes, streifiges Bindegewebe

getreten. Dieser reichliche Bindegewebsersatz bot aber zugleich eine höchst beachtenswerthe Abweichung dar von der sonst an dieser Stelle üblichen normalen Lymphgefässanordnung. Nur wenige dafür grobe Spalten wanden sich längs der Peripherie der atrophirten Stelle, da, wo nachbarliche Drüsensubstanz angrenzte, sonst erblickte man innerhalb der Narbe ein wahres Wundernetz von runden Lymphröhren des verschiedensten Kalibers, welche ihren Inhalt wohl nur aus der drüsenhaltigen Nachbarschaft bezogen.

v. Recklinghausen spricht sich über die Einmündungsstelle der Saftcanäle in die Lymphröhren, letzteren unter allen Verhältnissen ein polygonales, ohne Überwiegen eines Durchmessers gestaltetes, von stark geschlängelten Begrenzungslinien getrenntes Epithel vindicirend, dahin aus, dass er diese Communication entweder sich so herstellen lässt, dass die Mündungen der Saftcanäle durch permeable Epithelzellen bedeckt sind, oder dass die Epithelialmembran mit Löchern versehen ist, welche den Mündungen der Saftcanäle entsprechen. Mit ausdrücklich betonter Reservirung der endlichen Entscheidung „neigt er sich zu der zweiten Annahme hin" und sucht diese Öffnungen zwischen den einzelnen Epithelzellen besonders an denjenigen Stellen, wo mehrere Zellen zusammenstossen.

Unseren Erfahrungen zu Folge sind wir zu dem Ausspruche gedrängt, dass das Vorkommen von Epithel nur in klappenführenden Lymphgefässen garantirt werden kann. Da, wo die Lymphröhren beginnen, und sich in Lacunen auflösen, hat es uns niemals gelingen können, eine „Epithelialmembran" zu entdecken.

Die Bindegewebszellen, welche je nach der Beschaffenheit des Bindegewebsstroma's in verschiedenen Entwickelungszuständen erscheinen können, als Epithel aufzufassen, erscheint in normalem Gewebe darum unthunlich, weil diese Zellen nur stellenweise auftreten und daher keineswegs eine allenthalben geschlossene Auskleidung zusammenstellen.

Entwickelung der Lymphsinus.

Von grossem Interesse wäre die Gewissheit, ob, und in welchem Zusammenhange die Spalten zu den Bindegewebszellen stünden; —

ob die zellennachbarliche Zerklüftung eine einfache Consequenz der Defibrillirung, Differenzirung der Bindesubstanz bedeute, die als ein Ausdruck der chemisch-physikalischen Verschiedenheiten der Substanzen aufzufassen wäre; — oder ob die ehemalige Bildungszelle Kern mit Protoplosmazugehör, rundlich oder in Fortsätze ausgreifend, einen ursächlichen Anstoss zu der Fissur gegeben habe, einen Zerfall der Bindesubstanz in, den Bündeln äquivalente, Zellenterritorien eingeleitet habe.

Um hierüber Aufschluss zu erhalten, untersuchte ich meine Objecte einerseits an Embryonen und Neugeborenen — andererseits forschte ich nach diesen Verhältnissen an Entzündungsproducten und Hodenneoplasmen von Hunden sowohl als von Menschen.

Wenn es mir auch bis zur Stunde noch nicht gelungen ist, mit sämmtlichen einschlägigen Fragen zum endgiltigen Abschluss gelangt zu sein, so kann ich doch schon mit Sicherheit aus meinen Injectionspräparaten ersehen, dass die Lymphanfänge sowohl im physiologischen als pathologischen Bindegewebe erst mit der beginnenden feinen Streifung der Bindesubstanz auftreten, dass also die Differenzirung der Bindesubstanz in Bündel und Fibrillen der Vorläufer der Lymphlacune sei, letztere sich demnach nie aus der Verschmelzung von Zellen aufbaue, in der Weise, dass die ehemalige Zellenwand zur Lacunenwand sich ausbauche.

So fand ich einigemale, dass sich durch Injection das junge Bindegewebe der Exsudate als ein Lymphgefässconvolut, ähnlich jenem in den narbigen Knollen, darstellen lasse. Auf alle Fälle gehört aber die Erscheinung von Lymphgefässen in den Exsudaten vor der sogenannten Differenzirung ihrer Intercellularsubstanz zu den Unmöglichkeiten. Es kamen mir Hundehoden zur Injection, deren Lymphgefässe dem äussseren Anscheine nach bis zur höchsten Vollendung injicirt wurden. Am Durchschnitte bestätigte dies die normale Hodentextur; — es waren aber Stellen von Erbsen- bis Bohnengrösse inmitten der normalen Samenläppchen eingebettet, die nur die Blutgefässinjection zeigten, von jeder Lymphgefässanfüllung intact blieben. Diese Knollen bestanden aus grossen, flachen, grosskernigen Zellen mit granulirtem scheinbar von keiner Wandung begrenztem Inhalte, deren Entstehungsort auf die Hülle der Samencanäle und theilweise auch das

interstitielle Bindegewebe mit ausgezeichneter Deutlichkeit zurückzuführen war. Strotzten die Lymphgefässe und deren Ursprünge in der lacunären Umgebung dieser Zellenwucherungen von Injectionsmasse, so drangen trotzdem nur sehr unscheinbare Fortsätze dieser Injection auch an einzelnen Stellen in die compacte Zellenmasse hinein und dieses nur dort, wo noch Reste fibrillären Bindegewebes erhalten waren, nirgend aber zwischen die den Knollen constituirenden allenthalben an einander haftenden Zellen.

Die Persistenz der im pathologischen Bindegewebe auftretenden Lymphgefässe zeigen meine S. 332 besprochenen Injectionen des eine partiale Hodenatrophie ersetzenden Narbengewebes, das während der Injection zu meiner Überraschung als ein Lymphgefässconvolut aufquoll; hingegen kamen mir auch Exsudatknoten zur Beobachtung, die sich nur aus dicht streifigem Bindegewebe zusammensetzten und durch Blutgefässarmuth auszeichneten.

Schliesslich noch die Bemerkung, dass eine reichliche Vascularisation innerhalb des neugebildeten Bindegewebes einen wesentlichen vorhergehenden Factor der späteren Lymphgefässbildung ausmache.

Die pathologische Arbeit der Lymphlacunen.

Eine fernere Bestätigung, dass die Lymphlacunen einzig der Saftleitung vorstehen, nur die Bedeutung von Gewebsspalten haben, und nicht im Sinne Virchov's die Bildungsstätte, den eigentlichen Brutherd der „formativen Veränderungen" der Zellen darstellen, vielmehr erst im Verfolge des pathologischen Processes die Receptacula der excessiven formativen Thätigkeit nachbarlicher Bindegewebskörperchen werden, um schliesslich mit dem neugebildeten Zelleninhalte vollgefüllt, ohne deutliche Grenze in dem schon ausgebreiteten Processe mit unterzugehen, verschafften mir künstliche Reizungen der Hundehoden, die ich theils durch öfter angebrachten Druck auf dieses Organ, theils in Folge Unterbindung der Arterie oder der Vene erzielte.

1. Eine andauernd erhöhte Blutspannung innerhalb der Capillaren mit den weiteren bekannten Consequenzen der geformten Blutbestandtheile (Stase)

hat die Anfüllung der Lymphlacunen mit einem von der gewöhnlichen Lymphe gänzlich abweichenden Inhalte zur Folge (Exsudation).

An einem Hoden, wo der Blutdruck durch öfteres Abklemmen der Venen dauernd potenzirt wurde, so dass das ganze Organ prall gespannt, hart anzufühlen war, gewahrte man sämmtliche Lymphlacunen und Lymphgefässe mit einem gelbbräunlichen, trüben Inhalte gefüllt. Das subalbugineale lockere Bindegewebe ist hier besonders zu berücksichtigen, da an diesem Orte die exacte Beobachtung gemacht werden kann, wie die Bindegewebsspalten, deren Wände unter den gewöhnlichen Verhältnissen anliegend oder höchstens von einem kaum wahrnehmbaren Flüssigkeitsmedium getrennt erhalten werden, sich dem vermehrten veränderten und im Abflusse gehinderten Blutfiltrate öffnen. So geschieht es, dass an diesen Stellen die sogenannten „Bindegewebskörperchen" Virchov's, unsere Lymphlacunen nachträglich an entwässerten und in Alkohol gehärteten Präparaten verästigte oder mehr geradelinige Figuren vorstellen, die durch den krümmelig molecularen dunklen Inhalt des geronnenen Blutfiltrats eine gewisse Körperlichkeit erlangen, einen Zustand von „trüber Schwellung", vorspiegeln, zu einer Zeit, wo jene Gebilde, die in Folge unserer Insulte in diesen Zustand übergehen sollen, die Bindegewebskerne der Autoren, an manchen Orten noch gar nicht zur Anschauung gelangen, vollkommen geschwunden zu sein scheinen.

2. Die Lymphlacune betheiligt sich passiv an der parenchymatösen Entzündung des Bindegewebes, indem sie nur die Producte der formativen Veränderung des Bindegewebsbündels und seiner Körperchen aufnimmt, und hiemit meistens ihre physiologische Bedeutung einbüsst.

Dass auch in der That die weiteren Erscheinungen von localen Reizungszuständen nicht dem „Saftcanalsysteme Recklinghausen's mit seinem typischen Zellenlager", nicht dem „plasmatischen Zellensystem" Virchov's, oder was identisch ist, seinen Bindegewebskörperchen zukommen, sondern die Thätigkeit der Bindegewebskörperchen Kölliker's, der „Kerne" Henle's, unserer den Bindegewebsbündeln angehörigen, rudimentären, in dem verschiedensten vitalen Zustande befindlichen Bindegewebszellen in ihre vollen Rechte trete und Nucleation und Cellulation einleite,

lehrt die directe Beobachtung des Bindegewebes zwischen den Samencanälchen an „entzündeten“ Hoden.

Nach einer verhältnissmässig äusserst kurzen Dauer sieht man die formative Thätigkeit allenthalben in der lebendigsten Regung, selbst zwischen Fibrillen, die scheinbar von keinem Lymphraume begrenzt werden, an Orten, die also inmitten der stärkeren Bindegewebsbündel liegen. Es gewinnt den Anschein, als wichen die einzelnen das Bündel constituirenden Fibrillen aus einander, als würde die Bindesubstanz auf Rechnung der Cellulation consumirt, als bilde sich jetzt erst eine „adenoide Substanz“ und exfoliire den Zellenreichthum in die Lymphlacune. Letztere bleibt aber nicht lange offen und spaltförmig, ihr moleculärer Inhalt weicht den von der unmittelbaren Nachbarschaft andrängenden Zellen, und am vierten Tage nach der stattgehabten Reizung gewahrte ich ein Bild, welches im Grossen dasjenige imitirt, was uns die histologische Untersuchung eben sich constituirender, embryonaler Hodenanlage im kleineren Massstabe vor Augen führt: Häufchen runder Epithelzellen von einem Gitterwerke „adenoider Substanz“, d. i. kärglich fibrillirtem Stroma mit überaus reichem Zellenlager, aus einander gehalten.

Eine sehr lebendige Cellulation unterhält die dem Samencanale eigenthümliche Bindegewebshülle, ob zwar nur bei hohen Drücken die Injectionsmasse auch zwischen ihre Bündel einzudringen vermag und sie daher zumeist als ein solider Ring mit „Kernen“ den Samencanal umsäumt.

Ich habe diese vorläufigen Bemerkungen über die pathologische Leistung der Lymphanfänge nur desshalb Platz greifen lassen, um unsere Injectionsresultate auch von dieser Seite zu illustriren.

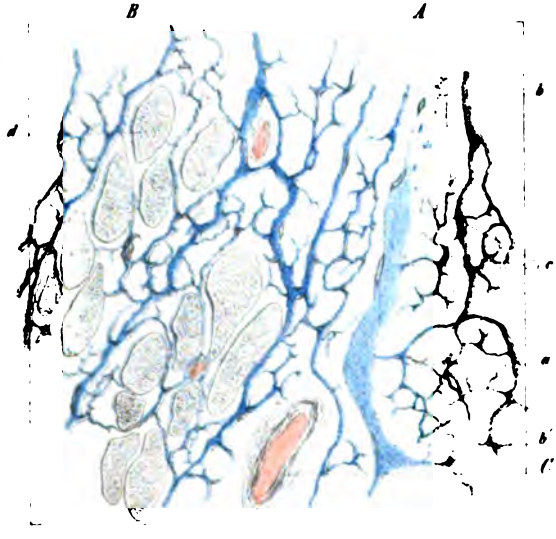
Über das Verhältniss der Blutgefässe, vornämlich der Capillaren zu den Lymphspalten, verweise ich an das bereits gemeinschaftlich mit Prof. Ludwig Mitgetheilte, und bemerke nur, dass die dort ausgesprochenen Ansichten in der Oberlippe des Hundes vollkommene Bestätigung fanden.

Erklärung der Abbildung.

Ein senkrechter Schnitt aus der Oberlippe des Hundes.

A Lippenschleimhaut.
B Lippenmusculatur.
C Blutgefässdurchschnitt.
a Lymphlacunen.
b schiefer Schnitt durch ein Lymphrohr, welches sich bei *b'* in die Spalten auflöst.
c Bindegewebskörperchen.
d Querschnitte von Muskelbündeln.

Das Bindegewebe des Präparates ist durch Behandlung mit Essigglycerin stark aufgehellt und aufgequollen.


B
A

XXIV. SITZUNG VOM 23. OCTOBER 1862.

Folgende Abhandlungen wurden eingesendet:

1. „Beschreibung zweier Schwertfische“ von dem c. M. Herrn Conservator H. Freyer in Triest.

2. „Über Volumsbestimmungen mit Zuziehung der Schwerpunktstheorie“ von Herrn Gabr. Blažek, Hörer der Philosophie in Prag.

3. „Über rothen Schnee“ vom Herrn Dr. Spängler, Apotheker im k. k. St. Johanns-Spitale zu Salzburg.

Der Secretär legt photographische Abbildungen des Mondes und der Sonnenflecken, so wie Darstellungen von Planeten von Herrn De la Rue vor, die derselbe erhalten hat, und nun der Akademie zur Verfügung stellt.

Herr Prof. C. Ludwig übergibt eine vorläufige Mittheilung, betreffend eine „Untersuchung über die Abhängigkeit der Muskelarbeit von der Stärke des Nervenreizes“ von den Herren F. Tachau und A. Fick.

Herr Prof. Dr. C. Heller legt den I. Theil seiner „Untersuchungen über die Litoralfauna des adriatischen Meeres“ vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin, Monatsbericht. Juli & August 1862. Berlin; 8°.

— der Wissenschaften, Kaiserl., zu St. Petersburg, Memoiren. Band I. Heft 1. St. Petersburg, 1862; 8°. — XIII. Zuerkennung der Demidow'schen Preise. St. Petersburg, 1861; 8°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1384. Altona, 1862; 4°.

Austria, XIV. Jahrgang, XLII. Heft. Wien, 1862; 8°.

Bibliothèque Universelle de Genève: Archives des sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XIV°, No. 56. Genève, Lausanne, Neuchatel, 1862; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, Tome LV. No. 13. Paris, 1862; 4°.

Cosmos, XIe Année, 21e Volume, 16e Livraison. Paris, 1862; 8°.

Cotta, Bernhard von, Die Gesteinslehre. Zweite umgearbeitete Auflage. Freiberg, 1862; 8°.

Czyrnianski, Teorya tworzenia się połączeń chemicznych na podstawie ruchu wirowego atomów. W Krakowie, 1862; 8°.

Genootschap van Kunsten en Wetenschappen, Bataviaasch, Verhandelingen. Deel XXVII & XXVIII. Batavia, 1860; 4°. — Tydschrift voor indische Taal-, Land- en Volkenkunde. Deel VII. (III. Serie, D. I), Aflevering, 1—6. 1858; Deel VIII (III. Serie, D. II), Afl. 1. Deel IX. (III. Serie, D. III), Afl. 1—6. 1860; Deel X (IV. Serie, D. I), Afl. 1—6. Batavia, 1861; 8°.

Gesellschaft, königl. ungar. naturwissenschaftliche, zu Pest. Mittheilungen, 1862. III. Band, 1. Theil. Pest; 8°.

— physikalisch-medicinische, Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift, III. Band, 1. Heft. Würzburg, 1862; 8°. — Würzburger medicinische Zeitschrift, III. Band, 2. & 3. Heft, Würzburg, 1862; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XII. Jahrgang. Nr. 30. Wien, 1862; kl. 4°.

Leseverein, Akademischer, in Wien, Jahresbericht über das Vereinsjahr 1861—62. Wien; 8°.

Lotos. Zeitschrift für Naturwissenschaften, XII. Jahrgang. September 1862. Prag; 8°.

Nagy, Charles, Mémoire sur le Système solaire et sur l'explication des phénomènes célestes. Paris, 1862; 8°.

Pest, Universität, akademische Gelegenheitsschriften für das Jahr 1861—62. Ofen; 8°.

Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde. Nautisch-physikalischer Theil. I. Abth. Geographische Ortsbestimmungen und Fluthbeobachtungen. Mit 3 beigebundenen Curskärtchen und einer Beilage von 7 lithogr. Plänen. Wien, 1862; 4°. & Folio.

Robida, Karl, Grundzüge einer naturgemässen Atomistik. 1. und 3. Heft. Klagenfurt, 1860 & 1862; 8°.

Rostock, Universität, akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1861—62; 8°., 4°. & Folio.

Schlagintweit, Hermann, Adolph and Robert, Results of a Scientific Mission to India and High Asia. Vol. II. With an Atlas of Panoramas, Views, and Maps. Leipzig, London, 1862; 4°. & Gr.-Fol.

Sociedad de Naturalistas Neo-Granadinos, Contribuciones de Colombia a las ciencias i a las artes por E. Uricoechea. Año I., pag. 139—194. Bogotà & Londres, 1860; 8°.

Society, The Literary and Philosophical —, of Manchester, Memoirs, I^st Series, Vol. III. Warrington, 1790; 8°. — II^d Series. Vol. I. Manchester, 1805; 8°. — III^d Series. Vol. I. London & Paris, 1862; 8°. — Proceedings, Vol. II. Manchester & London, 1862; 8°. — Rules. Manchester, 1861; 8°.

— The Royal Astronomical —, Memoirs. Vol. XXX. London, 1862; 4°.

— The Natural History —, of Montreal: The Canadian Naturalist & Geologist. Vol. VII. No. 3 & 4. Montreal, 1862; 8°.

Steichen, Mémoire sur le calcul des variations (Extr. du t. XIV des Mém. de l'Académie R. de Belgique). Bruxelles, 1862; 8°.

Tübingen, Universität, akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1861. 8°. & 4°.

Upsala, Universität, akademische Gelegenheitsschriften für 1861/62. 8°. & 4°.

Vereeniging, Kön. natuurkundige, in Nederlandsch Indië, Natuurkundige Tijdschrift voor Nederlandsch Indië. Deel XXIII. (V. Serie. Deel III. Aflevering IV—VI.) Batavia, 1861; 8°.

Wiener medicinische Wochenschrift, XII. Jahrgang. Nr. 42. Wien, 1862; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft, XI. Jahrg. Nr. 26. Gratz, 1862; 4°.

Würzburg, Universität, akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1860—1862; 8°. & 4°.

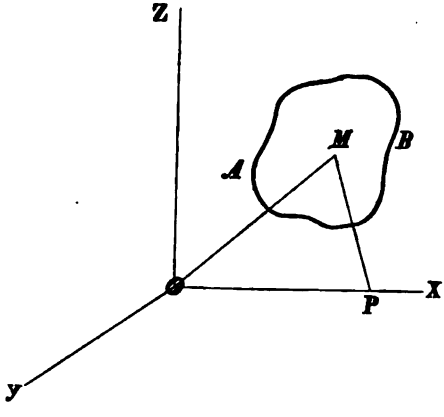
Zeitschrift für Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Emil Erlenmeyer. V. Jahrg., Heft 17 & 18. Heidelberg, 1862; 8°.

Über Volumsbestimmungen mit Zuziehung der Schwerpunkts-Theorie.

Von **Gabriel Blažek**,
Hörer der Philosophie zu Prag.

Der zur Darstellung der Guldin'schen Regel bisher eingeschlagene Weg scheint ein ganz verfehlter zu sein, da es in der Natur der Rotationskörper liegt, mit Polarcoordinaten behandelt zu werden, während bekanntlich die Guldin'sche Regel immer mit Zuziehung rechtwinkliger Coordinaten bewiesen wird. Die nothwendige Folge davon ist die nur einseitige Auffassung und beschränkte Anwendung dieses wichtigen Satzes.

Die folgende Untersuchung soll den Gang der Rechnung mit Zuziehung der Polarcoordinaten zeigen, und es dürfte nicht entgehen, dass die resultirenden Sätze bei der ungemeinen Einfachheit des Beweises durch ihre Allgemeinheit den Umfang aller möglichen, in dieses Gebiet einschlagenden Untersuchungen erschöpfen.



Es seien Ox, Oy, Oz drei im Punkte O auf einander senkrecht stehende Axen und AB eine Fläche, entstanden durch den Schnitt einer durch die Axe Ox gelegten Ebene in einen Körper, dessen Volumen zu bestimmen ist.

Wählen wir Polarcoordinaten, O als Pol, Ox als Polaraxe, xOy als Polarebene, und fixiren wir einen Punkt M im Raume dadurch, dass wir den Leitstrahl OM mit ρ, den Winkel xOM mit θ, den der Ebenen MOx und xOy mit ρ bezeichnen, so ist das Volumen des Körpers:

$$V = \iiint \rho^2 \sin\theta \, d\rho \, d\theta \, d\omega. \qquad (1)$$

Bekanntlich wird die Begrenzung dieses Integrals im Sinne der ρ und θ so vorgenommen, als wollte man die variable Fläche AB berechnen.

Ist nun M der Schwerpunkt dieser Fläche, und bezeichnen wir die auf Ox senkrechte Gerade MP mit r, so ist bekanntlich, wenn F den Flächeninhalt von AB vorstellt,

$$Fr = \iint \rho^2 \sin\theta \, d\rho \, d\theta, \qquad (2)$$

wobei die Integrationsgrenzen ebenfalls den Dimensionen der Fläche AB entnommen sind. Die Vergleichung der Formeln (1) und (2) gibt nun sogleich

$$V = \int Fr d\omega \qquad (3)$$

als einfacheren Ausdruck für das Volumen des Körpers.

I. Wir haben zunächst 4 Fälle zu unterscheiden:

1. Es seien sowohl F als r von ω unabhängig, also constant; dann erhalten wir:

$$V = Fr(\omega - \omega_0), \qquad (4)$$

eine Formel, welche die Guldin'sche Regel in sich fasst, aber insofern allgemeiner ist, als nicht, wie bei dieser, bedungen wird, der Schwerpunkt der rotirenden Fläche solle immer in derselben Ebene bleiben, sondern es bereits genügt, wenn die Projection des Weges des Schwerpunktes in eine auf die Rotationsaxe normale Ebene ein Kreis ist, dessen Centrum in der Axe liegt.

2. Es sei blos F constant; dann lautet die Formel:

$$V = F \int r d\omega. \qquad (5)$$

Hat man nun einen Cylinder und eine mit der erzeugenden Geraden parallele Axe, denkt sich ferner zwei Körper dadurch entstanden, dass der Schwerpunkt der erzeugenden Fläche beständig auf dem Cylinder bleibt, die Ebene der Fläche durch die Axe hindurchgeht, und ist die Ablenkung der letzten Position der Ebene der erzeugenden Fläche von der gemeinschaftlichen ersten in beiden Fällen dieselbe; so verhalten sich die Volumina der beiden erzeugten Körper wie die erzeugenden Flächen.

Man kann auf diese Weise sehr leicht irgend einen derartigen Körper in einen andern verwandeln, dessen Schwerpunktslinie eine ebene Curve ist, vorausgesetzt, dass der Drehwinkel der erzeugenden Ebene nicht mehr als 4 R beträgt. Man wird die Analogie dieses Satzes mit dem, Körper zwischen parallelen Ebenen betreffenden, nicht verkennen.

3. Es sei blos r constant; dann ist

$$V = r \int F d\omega. \qquad (6)$$

Es ist klar, dass diese Form nur bei Körpern benützt werden kann, welche durch Bewegung des Schwerpunktes einer variablen Erzeugungsfläche auf einem Kreiscylinder, dessen Axe zugleich Rotationsaxe ist, entstanden sind.

4. Der Fall, in dem sowohl F als r variabel sind, lässt keine weitere Discussion zu.

Vermittelst des eben erwähnten Verfahrens wollen wir Kubirungen vornehmen, welche auf gewöhnlichem Wege nur schwer durchzuführen wären.

1. Es ist das Volumen eines Schraubengewindes zu bestimmen.

Man kann sich ein Schraubengewinde dadurch entstanden denken, dass sich der Schwerpunkt einer unveränderlichen Fläche auf einer cyklischen Schraubenlinie fortbewegt, während die Ebene derselben beständig durch die Axe der Schraubenlinie hindurchgeht.

Ist F der Inhalt der rotirenden Fläche, r der Radius des der Schraubenlinie zu Grunde liegenden Cylinders, so ist, da die Projection der Schraubenlinie in eine auf ihre Axe senkrechte Ebene das Sovielfache der Peripherie des Grundkreises des Cylinders ist, als die Anzahl der Windungen der Schraubenlinie beträgt, n-Windungen vorausgesetzt, zufolge Gleichung (4):

$$V = 2\pi n r F. \qquad (7)$$

Nehmen wir an, die Schraubenlinie steige unter dem Winkel α auf, und H sei die Höhe der Schraube, so ist nach der Entstehungsweise der Schraubenlinie $2\pi nr = H \cot \alpha$, also auch

$$V = FH \cot \alpha. \qquad (8)$$

Die in der Praxis vorkommenden Schraubengewinde sind entweder durch Rotation eines Dreieckes oder eines Rechteckes entstanden, wodurch sie in scharfe und flache zerfallen.

a) Scharfe Schraubengewinde. Ist s jene Seite des als Dreieck erscheinenden Querschnittes, die bei der Erzeugung an den Cylinder sich anlehnt, h die zu ihr gehörige Dreieckshöhe, ρ der Radius, H die Höhe des Grundcylinders, so ist $F = \frac{1}{2} sh$, $r = \rho + \frac{1}{3} h$, also

$$V = n\pi sh \left(\rho + \frac{1}{3} h\right). \tag{9}$$

Ist V' das Volumen der ganzen Schraube, so ist, da das Volumen des Grundcylinders $\pi\rho^2 H$ beträgt,

$$V' = \pi \left[\rho^2 H + nsh \left(\rho + \frac{1}{3} h\right)\right] \tag{10}$$

und mit Einführung des Erhebungswinkels α,

$$V' = H \left(\pi\rho^2 + \frac{1}{2} sh \cot \right). \tag{11}$$

In der Regel schliessen die einzelnen Züge der Schraube eng an einander, ist somit die Höhe eines Schraubenganges $s = \frac{H}{n}$, und

$$V' = \pi H \left(\rho^2 + h\rho + \frac{1}{3} h^2\right). \tag{12}$$

b) Flache Schraubengewinde. Ist wiederum s jene Seite des sich diesmal als Rechteck darstellenden Querschnittes, die bei Bildung der Schraube am Cylinder sich fortbewegt, h die zugehörige Höhe, so ist mit Beibehaltung der übrigen unmittelbar vorhergehenden Bezeichnungen $F = sh$, $r = \rho + \frac{1}{2} h$, also

$$V = 2n\pi sh \left(\rho + \frac{1}{2} h\right), \tag{13}$$

mit Einschluss des Cylinders

$$V' = \pi \left[\rho^2 H + 2nsh \left(\rho + \frac{1}{2} h\right)\right], \tag{14}$$

mit Einführung des Erhebungswinkels endlich

$$V' = H (\pi\rho^2 + sh \cot \alpha). \tag{15}$$

Bei dieser Art von Schrauben pflegt gewöhnlich die Höhe eines Schraubenganges der doppelten Breite des Querschnittes gleich zu sein; somit $s = \frac{H}{2n}$ gesetzt ist

$$V' = \pi H \left(\rho^2 + h\rho + \frac{1}{2} h^2\right). \tag{16}$$

2. Es ist der Kubikinhalt eines Körpers zu bestimmen, der dadurch entsteht, dass eine unveränderliche Fläche F mit ihrem Schwerpunkte auf einem geraden Spiralcylinder sich fortbewegt, während die Ebene derselben beständig durch eine im Mittelpunkte der Spirale, die dem Cylinder als Leitcurve dient, auf ihre Ebene errichtete Normale hindurchgeht.

Die Normalprojection des Weges des Schwerpunktes in eine auf die fixe Axe senkrechte Ebene ist in unserem Falle eine Spirale, deren Polargleichung, bezogen auf den Mittelpunkt der Curve als Pol, allgemein $r = a\omega^n$ lautet. Somit ist zufolge Gleichung (5) das gesuchte Volumen

$$V = F\int_{\omega_0}^{\omega} a\omega^n d\omega = F\frac{a}{n+1}\left(\omega^{n+1} - \omega_0^{n+1}\right). \qquad (17)$$

3. Ein Körper sei dadurch entstanden, dass der Schwerpunkt der erzeugenden Fläche einen Kreis beschreibt, während die Grösse der Fläche mit dem Quadrate des vom Schwerpunkte beschriebenen Bogens wächst und die Ebene der Fläche durch eine im Centrum des Kreises auf der Ebene desselben normal errichtete Axe hindurchgeht.

Hat die erzeugende Fläche, nachdem sie sich um den Winkel α gedreht, die Grösse f, für den Drehwinkel ω aber F, so ist $F = \frac{\omega^2}{\alpha^2}f$, also zufolge Gleichung (6)

$$V = \frac{fr}{\alpha^2}\int_{\omega_0}^{\omega} \omega^2 d\omega = fr\,\frac{\omega^3 - \omega_0^3}{3\alpha^2}. \qquad (18)$$

Nehmen wir an, die ebenen Grenzflächen des Körpers seien f und F, s sei der vom Schwerpunkte beschriebene Weg, so folgt

$$V = \frac{r(\omega-\alpha)}{3}\left(\frac{f\omega^2}{\alpha^2} + \frac{f\omega}{\alpha} + f\right) = \frac{s}{3}\left(F + \sqrt{Ff} + f\right). \qquad (19)$$

4. Ein Kreis rotire und modificire sich dabei in der Weise, dass ein Punkt seiner Peripherie beständig durch den Mittelpunkt einer gegebenen Ellipse geht, während sich sein Mittelpunkt auf der Peripherie der Ellipse befindet, seine Ebene aber beständig auf der Ebene der Ellipse senkrecht steht. Es ist das von seiner Fläche während einer ganzen Umdrehung beschriebene Volumen zu berechnen.

Die Polargleichung der Ellipse, ihre grosse Axe als Polaraxe, den Mittelpunkt als Pol gewählt, lautet, wenn a die grosse, b die kleine Halbaxe, $\varepsilon = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$ die Excentricität, r den Radiusvector, ω den Polarwinkel vorstellen, $r = \frac{b}{\sqrt{1 - \varepsilon^2 \cos \omega^2}}$. Da ferner $F = \pi r^2$ ist, so ergibt sich gemäss Geichung (3)

$$V = \pi \int_0^{2\pi} r^2 d\omega = \pi b^2 \int_0^{2\pi} \frac{d\omega}{\sqrt{(1 - \varepsilon^2 \cos \omega^2)^3}}. \qquad (20)$$

Es ist aber

$$\int \frac{d\omega}{\sqrt{(1 - \varepsilon^2 \cos \omega^2)^3}} = \frac{\varepsilon^2}{1 - \varepsilon^2} \frac{\sin \omega \cos \omega}{\sqrt{1 - \varepsilon^2 \cos \omega^2}} + \frac{1}{1 - \varepsilon^2} \int \sqrt{1 - \varepsilon^2 \cos \omega^2} d\omega,$$

daher mit Einführung des Werthes von $\frac{1}{1 - \varepsilon^2}$

$$V = \pi ab \cdot a \int_0^{2\pi} \sqrt{1 - \varepsilon^2 \cos \omega^2} d\omega. \qquad (21)$$

Nennen wir E den Umfang, F die Fläche der Ellipse, so können wir auch schreiben

$$V = EF. \qquad (22)$$

II. Bei den bisherigen Entwickelungen wurde stillschweigend die Vorsaussetzung gemacht, dass die Axe, durch welche hindurch die den Körper schneidenden Ebenen gelegt werden, eine unveränderliche sei. Allein gehen wir auf die Bedeutung des Elementes $Frd\omega$ etwas näher ein, so wird es nicht schwer sein zu finden, dasselbe stelle den Kubikinhalt einer Platte dar, gebildet durch den Einschnitt zweier unendlich nahe an einander liegenden Ebenen, die sich eben in der Axe Ox treffen. Es liegt nun im Wesen dieses Elementes gar nichts, was uns hindern könnte, das unmittelbar folgende Element von zwei Ebenen uns gebildet zu denken, die sich wiederum in einer andern Axe durchschneiden. Ist uns nur das Gesetz bekannt, nach welchem die Axen der auf einander folgenden Elemente gewählt sind, und sind wir im Stande, dieses Gesetz in die Rechnung einzuführen, so wird die Summe aller so gebildeten Elemente den gesuchten Körperinhalt geben. Die zum Ziele führende Formel ist auch in diesem Falle

$$V = Frd\omega, \qquad (23)$$

nur müssen wir dem r eine andere Bedeutung beilegen; während es nämlich früher den senkrechten Abstand des Schwerpunktes der Fläche F von einer fixen Axe vorstellte, bedeutet es gegenwärtig den senkrechten Abstand des Schwerpunktes der Fläche F von einer veränderlichen Axe in einer Position, die eben der Lage des betreffenden Elementes entspricht.

Die Gesetze, denen die Lage der variablen Axe unterworfen sein soll, können die mannigfachsten sein; wir wollen uns jedoch nur auf jene Fälle beschränken, welche die interessantesten Resultate bieten und die meiste Anwendung gestatten.

1. Der Körper, dessen Volumen zu bestimmen ist, sei dadurch entstanden, dass sich der Schwerpunkt einer veränderlichen Fläche auf einer Curve fortbewegt, auf welcher zugleich die Ebene der Fläche in jeder Position senkrecht steht.

Die Ebenen zweier unmittelbar auf einander folgenden Positionen der Fläche werden sich in einer Geraden durchschneiden, die als veränderliche Axe zu wählen, hier das Natürlichste scheint; da diese Axe zugleich der Durchschnitt zweier benachbarten Normalebenen der Leitcurve des Schwerpunktes ist, so sieht man leicht ein, unser r sei der Krümmungshalbmesser der Curve, zu dem Punkte gehörend, in welchem eben der Schwerpunkt des betreffenden Elementes sich befindet. Bezeichnen wir das Bogendifferential der Leitcurve mit ds, so ist wegen $ds = rd\omega$ sofort

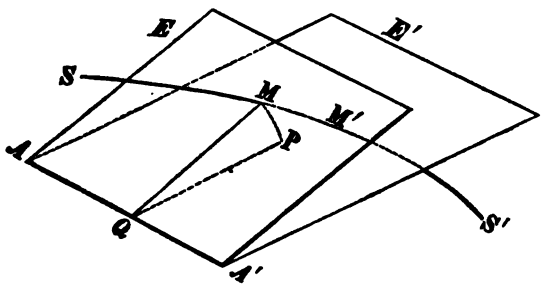
$$V = \int F ds. \tag{24}$$

Sollte F constant sein, so erhalten wir durch Integration

$$V = F(s - s_0). \tag{25}$$

Letzterer Ausdruck stellt die von Poisson erweiterte Guldin'sche Regel dar.

2. Um einen noch allgemeinern Fall zu behandeln, wollen wir voraussetzen, die Ebene der Fläche F sei in einer gewissen Position unter dem Winkel φ gegen die Normalebene jenes Punktes der Schwerpunktscurve geneigt, zu dem das Körperelement gehört.



Es seien E und E' zwei auf einander folgende Positionen der Ebene der erzeugenden Fläche F, zu den Punkten M und M' der Schwerpunktscurve SS' gehörend. Sehen wir wieder die Durchschnittsgerade AA' als die zum betreffenden Elemente gehörige Axe an, fällen wir ferner von M auf AA' die Senkrechte MQ und beschreiben von Q als Mittelpunkt mit derselben als Radius in der auf E senkrechten Ebene MQP den Bogen MP, der in P die Ebene E' schneidet, so ist unser $rd\omega = MP$. Da aber das unendlich kleine Bogenelement $MM' = ds$ auf der zum Punkte M gehörenden Normalebene, der Bogen MP aber auf den Ebenen E und E' senkrecht steht, die Ebene E und die Normalebene den Winkel φ mit einander bilden, so ist auch Winkel $PMM' = \varphi$, also $MP = ds.\cos\varphi$, somit

$$V = \int F \cos\varphi \, ds. \qquad (26)$$

Für constante F und φ ergibt sich natürlich

$$V = F\cos\varphi(s - s_0). \qquad (27)$$

Zum Schlusse seien uns noch folgende zwei Bemerkungen erlaubt:

1. Im Verlaufe unserer Untersuchungen hatten wir es stets nur mit der Grösse der Fläche F und dem Wege des Schwerpunktes dieser Fläche zu thun. Beide Grössen aber ändern sich nicht, wenn während der Erzeugung die Fläche F in ihrer Ebene um den Schwerpunkt rotirt; es werden also die entwickelten Formeln zur Berechnung vieler gewundenen Körper dienen können.

2. Verlieren alle entwickelten Formeln ihre Geltung, wenn die Schnittfläche des Körpers oder die erzeugende Fläche von ihrer Axe geschnitten werden.

Vorläufige Ankündigung einer Untersuchung über die Abhängigkeit der Muskelarbeit von der Stärke des Nervenreizes.

Von **J. Tachau** und **A. Fick.**

Als Reiz wurde ein elektrischer Stoss angewandt. Wir wollen hierunter (anschliessend an die Bedeutung des Wortes Inductionsstoss) folgenden elektrischen Vorgang verstehen: Ein elektrischer Strom bricht in den Nerven plötzlich herein, dauert eine sehr kurze Zeit und hört dann eben so plötzlich wieder auf. Die Stärke und Dauer des Stromes sind Grössen, welchen willkürlich jeder bestimmte Werth gegeben werden kann. Wir setzen bei gleicher Dauer des Stosses die Stärke des Reizes der Stromstärke proportional.

1. Die Zuckungstärke wächst, wenn man die Reizstärke von Null an wachsen lässt, dieser proportional bis zum Maximum. Die Zuckung wächst nicht, wie man erwarten musste, anfangs schneller und dann langsamer. Stellt man die Abhängigkeit der Zuckungsgrösse von der Reizstärke graphisch dar, so erscheint daher in der Curve ein Knick in der Gegend, wo die Zuckung ihr Maximum erreicht. Die Curve besteht aus zwei geraden Stücken, deren erstes vom Nullpunkte schräg austritt, dann der Abscissenaxe parallel läuft. In der Wirklichkeit kann natürlich streng genommen keine solche Discontinuität stattfinden, aber es hat jedenfalls die erscheinende Discontinuität eine Bedeutung.

2. Wenn der elektrische Stoss aufsteigend im Nerven gerichtet ist, und eine gewisse Dauer (ihr absoluter Werth kann hier noch nicht gegeben werden; er dürfte einige Hunderttheile einer Secunde betragen) hat, dann geht der zweite Theil der Curve der Zuckungsgrössen nicht *in infinitum* der Abscissenaxe parallel. Bei einer gewissen Strom- respective Reizstärke senkt sich die Curve gegen die Axe, erreicht sie möglicherweise wieder, um erst weiter vom Nullpunkte zum zweiten Male anzusteigen und bei einer höheren Reizstärke das Maximum zum zweiten Male zu erreichen. Von nun an geht die Curve der Zuckungsgrössen bis *in infinitum* als der Abscissenaxe parallele Gerade weiter.

Der so eben ausgesprochene Satz ist so paradox, dass es gut sein wird ihn noch etwas näher zu erläutern. Es gibt also unter den gedachten Bedingungen eine Stromstärke, welche den Muskel zur Zuckung bringt, während eine gewisse kleinere und eine beliebige viel grössere Stromstärke das Maximum der Zuckung hervorbringen.

3. Sinkt die Dauer des elektrischen Stosses unter eine gewisse Grenze, so tritt die unter 2 beschriebene Erscheinung nicht ein. Die Curve der Zuckungsstärken ist alsdann vom ersten Maximum an eine der Abscissenaxe parallle Gerade bis *in infinitum*. Beim Inductionsstoss lässt sich daher die fragliche Erscheinung nicht beobachten.

4. Ist der Nerv sehr ermüdet, so tritt ebenfalls die Erscheinung nicht auf. Die Curve der Zuckungsstärken kann dann freilich anderweitige besondere Punkte zeigen. — Man kann sich somit das seltsame Schauspiel verschaffen, dass der ermüdete Nerv auf einen Reiz reagirt, welchen der frische Nerv unbeantwortet gelassen hat.

Die mitgetheilten Thatsachen lassen sich mit den Pflüger'schen und Bezold'schen Lehren vom Elektrotonus in Zusammenhang bringen, jedoch hätten sie aus diesen allein nicht vorhergesagt werden können. Sie lehren uns daher neue Eigenschaften der Nervensubstanz kennen. Diese zu entwickeln wird Aufgabe einer ausführlichen Mittheilung unserer Untersuchung sein.

Über Schichtung durch Entladungsschläge der Leidner Batterie.

Von **Dr. Edmund Reitlinger**,
Assistenten,
und **Luka Żerjau**,
Eleven am physikalischen Institute.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 24. Juli 1862.)

Als die Schichtung des elektrischen Lichtes vor einigen Jahren viele ausgezeichnete Physiker beschäftigte, richtete Morren, Decan der naturwissenschaftlichen Facultät zu Marseille einen hierauf bezüglichen Brief an Abbé Moigno, der in dessen Journal Cosmos [1]) veröffentlicht wurde. Er schreibt die Schichtung vor Allem der Unzulänglichkeit *(surtout a l'insuffisance)* des gasförmigen leitenden Körpers zu, durch welchen der Strom geht. Das Phänomen der Schichtung selbst besteht nach seiner Ansicht in Induction und Seitenentladung gegen benachbarte leitende Körper. Um seine Ansicht besser verständlich zu machen, führt er Wahrnehmungen an, die man an Dräthen macht, durch welche mächtige Entladungen statischer Elektricität gesendet werden. Wenn er Dräthe aus Platin, Silber oder Gold nahm, so wurde der Drath durch starke Entladungen zerstäubt. Morren schrieb dies Seitenentladungen zu, die der grosse Leitungswiderstand veranlasste. Da er auf Papiercylindern, mit denen er die Dräthe umgab, geschichtete Spuren sah, so glaubte er in dieser Erscheinung die Grundlage zur Erklärung des geschichteten Lichtes zu erblicken. Selbst wenn die Zerstäubung des Leiters durch seine Dicke verhindert wurde, nahm Morren geschichteten Metall- oder Oxydstaub in dessen Nähe, z. B. in der Nähe einer Kupferkette wahr, wenn sehr starke Entladungen von Leidner Batterien hindurch gingen. Diese Spuren waren enger geschichtet, wenn er den Druck der umgebenden Luft steigerte, was er bis drei Atmosphären Druck that. Sie waren weiter geschichtet, wenn er den Druck der umgebenden Luft verminderte.

[1]) V. XIV. p. 118.

Seitdem erschien eine Abhandlung über die Schichtung des elektrischen „Lichtes“ [1]), in welcher dargethan wurde, dass die Schichtung des elektrischen Lichtes auf Stoffschichtung und ungleicher Erwärmung der besser und schlechter leitenden geschichteten Stoffe beruht. Es wurde bezüglich der Erklärung von Morren blos darauf hingewiesen, dass sie bei der den ganzen inneren Raum erfüllenden Schichtung in engen Geissler'schen Röhren schon durch den blossen Anblick als unanwendbar erscheint.

Konnte jedoch das geschichtete Licht nicht durch Seitenentladungen erklärt werden, so war es doch möglich, dass dieselben bei den zerstäubten Dräthen die geschichteten Spuren auf den umgebenden Papiercylinder veranlasst hatten. Diese Frage nun ist es, welche wir einer experimentellen Forschung, von welcher wir hier Nachricht geben, unterwarfen, indem wir die Umstände, bei denen wir geschichtete Spuren von zerstäubten Dräthen zu erzeugen suchten, sehr verschieden wählten. Die grosse Regelmässigkeit und Gesetzmässigkeit der Resultate bei einem für Ohr und Auge so stürmisch und unregelmässig erscheinenden Vorgange, wie Zerstäubung eines Drathes durch den Entladungsschlag einer grossen Batterie von 8—12 Flaschen, macht beim Studium dieses Erscheinungsgebietes einen überraschenden Eindruck.

Wenn wir die Schlagweite langsam vergrösserten, so erhielten wir zunächst bei Eisendräthen, bei denen wir unsere Aufmerksamkeit hierauf richteten, nach den von Becquerel und Riess constatirten Einbiegungen nicht sogleich Zersplitterung, sondern der Drath zeigte stellenweise geschmolzene Kügelchen, die oft an einem nicht weiter zersplitterten Drathstücke an Zahl 10—12 betrugen und eine Reihe wie Stahlperlen auf einem feinen Faden bildeten. Vergrösserten wir nun die Schlagweite bis eine Zersplitterung und später eine förmliche Zerstäubung des Drathes eintrat, so waren zuerst einige ganz unregelmässige Spuren einzelner herumgeschleuderter Metallkügelchen zu erkennen, sodann erhielten die Papiercylinder eine Färbung, auf der solche Spuren von Kügelchen noch bemerkbar waren, und erst wenn diese gänzlich verschwanden, trat bei noch ferner gesteigerter Grösse der Schlagweite die Schichtung senkrecht auf der Richtung des zerstäubten Drathes hervor.

[1]) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. XLIII, Bd. p. 15.

Indem wir nun diese Schichten bei noch weiter gesteigerten Schlagweiten, bei verschiedenen Metallen, bei verschiedener Verdünnung der umgebenden Luft, bei Ersatz dieser letzteren durch verschiedene Gase und bei verschiedener Weite der umgebenden Papiercylinder studirten, gelangten wir zu folgenden Resultaten:

1. Mit vergrösserten Schlagweiten werden die Schichten zunächst immer dichter, wobei sie eine ausserordentliche Feinheit der Zeichnung erreichen können. Nach einem Maximum der Dichte werden sie aber wieder etwas weiter, worauf sie bei noch stärker vergrösserter Schlagweite gänzlich verschwinden und einer eigenthümlich gefleckten Zeichnung Platz machen.

2. Sowohl die Schlagweite, wo die Schichtung eintritt, als wo sie verschwindet, ist für verschiedene Metalle verschieden. Wir versuchten bisher Dräthe aus Eisen, Kupfer und Messing und sogenannten Leonischen Drath. Bei den Kupferdräthen waren die Schichten röthlich und die bei den gesteigerten Schlagweiten eintretenden Flecke grün.

3. Bei Luftverdünnung werden die Schichten zunächst breiter. Bei noch weiter gesteigerten Verdünnungen trat eine ähnlich fleckige Zeichnung ein, wie bei den sehr vergrösserten Schlagweiten.

4. Die Schichten sind bei gleicher Schlagweite und gleichem Barometerstande in Kohlensäure enger, in Wasserstoffgas weiter als in Luft. Die fleckige Zeichnung tritt bei Wasserstoffgas schon durch sehr geringe Verdünnung ein. Überhaupt sind die Schichten in Kohlensäuregas schärfer begrenzt und leichter wahrnehmbar als in Wasserstoffgas.

5. Wenn bei sonst unveränderten Umständen weitere Papiercylinder genommen wurden, so vergrösserte sich die Weite der Schichten.

Da wir gegenwärtig in unseren Versuchen unterbrochen sind, so glaubten wir, diese aus denselben sich ergebenden Resultate mittheilen zu sollen, indem wir uns vorbehalten in einer späteren Veröffentlichung sie durch Abbildungen zu erläutern und durch neue Varianten zu erweitern. Was ferner die oben angeregte Frage nach der physikalischen Ursache dieser Schichtung durch Entladungsschläge der Leidner Batterie betrifft, so glauben wir nach einer längeren Erwägung unserer Versuchsresultate, namentlich der sub 1, 3 und 4 mitgetheilten, Morren nicht beistimmen zu können. Wir meinen vielmehr aus unseren Versuchen die folgende Ansicht über

den Vorgang, durch welchen diese Schichten entstehen, ableiten zu müssen. Wenn der Drath durch den eigentlichen Entladungsschlag zerstäubt ist, so bleibt im Papiercylinder ein Gemenge von Metalldampf und verdünnter Luft zurück. Der in solchen Fällen stets sehr grosse Entladungsrest geht sodann noch theilweise durch dieses Gemenge, die Stoffe desselben schichtend. Durch Condensation des Metalldampfes auf dem Papier hinterlässt diese Schichtung ihre Spuren.

Wir würden also in diesem Falle, wie bei der gewöhnlichen Schichtung des elektrischen Lichtes als die Wirkung des elektrischen Impulses Stoffschichtung betrachten. Bedenkt man, dass die Leitungsfähigkeit der Stoffe beim elektrischen Impulse nicht aus dem Auge gelassen werden darf, und dass ferner eine Stoffschichtung ein gewisses Mengenverhältniss erfordert, so werden alle oben von uns bei Veränderung der Umstände eintretenden Veränderungen ableitbar. Die specielle Ableitung behalten wir der späteren Veröffentlichung vor, wo wir hoffen unsere Versuche mit Abbildungen mitzutheilen.

Nur Eines wollen wir noch besonders hervorheben. Der von uns vermuthete Vorgang würde Zeit bedürfen, womit einige bei unseren Versuchen deutlich wahrnehmbare Umstände vortrefflich stimmen. Wir schlossen den Papiercylinder, indem wir den einfach oder mehrfach [1]) aufgerollten Streifen aussen mit Siegellack verkitteten. Im Inneren stiess dadurch eine übergreifende Papierfortsetzung an das eine Ende des Streifens. Wurde der Streifen nach dem Entladungsschlag der Leidner Batterie aufgerollt, so sah man die geschichteten Spuren auf gefärbtem Hintergrunde. Neben der dunkleren Färbung, die in ihrer Ausdehnung dem ursprünglichen Umfange des Cylinders entsprach, war eine hellere Färbung in einer Breite von 1—2 Millimeter zu bemerken. Offenbar hatte die Explosionskraft des Funkens eine Erweiterung des Papiercylinders bewirkt, welche die Condensation in der späteren Entladungszeit für sich allein sichtbar macht. Die Schichten setzten sich jedoch in geraden Linien auf dem helleren Hintergrunde fort. Die Bestätigung, die hierin für unsere Anschauungsweise liegt, glauben wir nicht näher auseinander setzen zu müssen. Hierher scheint uns auch folgender Umstand zu gehören: Wenn wir zwei Papiercylinder, einen engeren und einen weiteren, concen-

[1]) Das Letztere vermeidet die Zerreissung des Papieres.

trisch über den Drath schoben, so sahen wir bei Zerreissung des engeren Cylinders auch auf dem weiteren Schichten.

In der oben erwähnten Abhandlung „über Schichtung des elektrischen Lichtes" wurde der Ursprung der Stoffschichtung selbst als ein Problem fernerer Forschung bezeichnet. Wir wollen den Rest dieses Aufsatzes einigen Betrachtungen widmen, die sich in dieser Hinsicht unseren Versuchen angeschlossen haben. Vergleicht man nämlich unsere oben sub 1, 3, 4 und 5 mitgetheilten Versuchsresultate mit dem, was Abria an den Schichten wahrnahm, welche Kalk oder Magnesia-Staub in der Nähe des Funkens der Leidner Batterie zeigt[1]), so sieht man, dass die entsprechenden Veränderungen in Entfernung, Barometerstand und umgebendem Gas im Allgemeinen die gleichen Resultate hervorriefen. Abria glaubt, dass bei den von ihm beobachteten Schichten die Elektricität nicht specifisch, sondern blos als mechanische Kraft wirke. Er unterstützt dies dadurch, dass er im Stande ist, durch Explosion von Knallgas oder Knallquecksilber den durch elektrische Entladungsschläge entstehenden Schichten völlig ähnliche hervor zu bringen. Die späteren Schriftsteller theilten seine Ansicht ohne Widerspruch mit. Auch wir halten dieselbe für sehr wahrscheinlich. Nur können wir nicht umhin zu bemerken, dass die Versuche mit den Explosionen eine viel grössere Beweiskraft erhalten können, wenn man nachweist, dass auf die durch sie hervorgebrachten Schichten Veränderung im Barometerstand, im umgebenden Gas u. s. f. dieselbe Wirkung hervorbringt, wie auf die durch Elektricität entstehenden Schichten. Wir werden bei nächster Gelegenheit diese Vervollständigung der Versuche von Abria vornehmen, glauben aber inzwischen berechtigt zu sein, seine Ansicht nach den von ihm beigebrachten Beweisen für höchst wahrscheinlich zu halten. Bei der Übereinstimmung in den erwähnten Veränderungen muss es für mindestens eben so wahrscheinlich gelten, wie Abria für die von ihm beobachteten elektrischen und die durch Explosionen bewirkten Schichten die gleiche Ursache annimmt, für die Schichten in Kalkstaub und die Schichten in condensirten Metallspuren auf unseren Papiercylindern

[1]) Ann. de chim. et de phys. T. LXXIV, p. 186. Pogg. Ann. LIII, p. 589—602. Wir bitten den Leser hier die Lectüre des citirten Aufsatzes einzuschalten, der genügend ausführlich ausgezogen unseren Aufsatz zu sehr verlängert hätte.

die gleiche mechanische Ursache anzunehmen. Wir würden also die Ansicht hegen, die elektrische Entladung übe ähnlich einer Explosion eine Kraft aus, durch welche die Theilchen der von der Elektricität durchlaufenen Gasmasse in sehr rasche Schwingungsbewegungen versetzt werden, an deren Knotenlinien sowohl der Staub Abria's als der sich wieder condensirende Metalldampf unserer Schichten sich lagert.

Diese Ansicht über die Bildung der Stoffschichtung bei den Entladungsschlägen der Leidner Batterie dürfte für die Stoffschichtung in den elektrischen Eiern und Geissler'schen Röhren um so weniger unwahrscheinlich sein, als die geschlossenen Räume derselben die Bildung von Knotenlinien unterstützen. Wenn man etwas Quecksilber in eine der von Schwefel verfertigten Röhren füllt, welche in der Abhandlung „über Schichtung des elektrischen Lichtes“ [1]) beschrieben sind, so wird das Quecksilber durch die Wärme des durchgehenden Funkens in's Verdampfen gebracht und bildet hellgrüne Schichten zwischen den rothen der feuchten Luft. Nach kurzer Zeit erzeugen die Quecksilberschichten dunkle Condensationsspuren. Dieser Versuch scheint uns geeignet, die Analogie der Schichtung in Geissler'schen Röhren mit der in den Papiercylindern zu beleuchten. Da diese selbst wieder mit der Schichtung nach Abria durch die sub 1, 3, 4 und 5 angeführten Veränderungen als analog nachgewiesen wurde, so entspricht es nur der üblichen naturwissenschaftlichen Methode, die Erklärung durch mechanische und nicht durch specifische Wirkung der Elektricität auch für die Stoffschichtung in Geissler'schen Röhren zu versuchen. Es hat aber gar keine Schwierigkeit sich vorzustellen, die elektrische Entladung übe rasch wiederkehrende Impulse oder Stösse aus, die das Gasgemenge in Schwingungen versetzen, welche das weniger dichte Gas in lebhafte Bewegung bringen und das dichtere an Knotenlinien ansammeln. Die Feinheit der Schichten in Geissler'schen Röhren unter Einwirkung der Inductionsapparate zeigt nur, dass die Impulse so rasch sich folgen, dass sie nicht dem Spiele des unterbrechenden Hammers entsprechen, sondern selbst Theile einer einzelnen der Stromöffnung correspondirenden Funkenentladung sind, womit stimmt,

[1]) Sitzungsber. d. kais. Akad. der Wissensch. XLIII. Bd., p. 16.

dass schon eine einmalige Unterbrechung des Hammers mit der Hand geschichtetes Licht zeigt.

Mehrere der Geissler'schen Röhren, die im Institute vorhanden sind, zeigen deutlich, dass die am Anfange des durchgehenden Stromes undeutlichen Schichten nach einiger Zeit schärfer begrenzt erscheinen, ähnlich den Schichten Abria's. Eine Röhre, welche dreifache Schichten, dunkle, blaue und rothe wahrzunehmen gestattet, lässt die Zeit deutlich bemerken, die sie zur scharfen Ausbildung der Schichten bedarf. Ferner erfordert es nicht nur Zeit, bis sich Knotenlinien bilden, sondern es erfordert auch Zeit, bis die Theilchen vom Inductionsstrom in's Glühen versetzen werden, wie wir solches namentlich an einer langen Geissler'schen Röhre zu beobachten wiederholt Gelegenheit hatten. Wir können daher in allen bisherigen Versuchen nur Wahrscheinlichkeitsgründe für unsere und keine gegen unsere hier ausgesprochene Ansicht über die Ursache der Stoffschichtung auffinden.

Es scheint überhaupt nicht unwahrscheinlich, dass jedes Gemenge von Gasen, welche sich in ihrer Dichtigkeit beträchtlich unterscheiden, durch Impulse oder Stösse geschichtet werde, es mögen solche Impulse nicht eben elektrische sein, sondern akustische oder mechanische oder irgendwie durch Explosionen bedingte. Von vielleicht hierher gehörigen Beobachtungen wollen wir nur die von Leslie[1]) hervorheben. Leslie brachte ein kleines Uhrwerk, durch welches eine Glocke jede halbe Minute angeschlagen wurde, unter den Recipienten der Luftpumpe. Die Luft wurde nach Verdünnung auf den Druck von 1 Hundertstel Atmosphäre durch Wasserstoffgas ersetzt, ohne dass die Glocke hörbarer wurde. Wenn aber nur die Hälfte der atmosphärischen Luft ausgepumpt worden war, und Wasserstoff den äusseren Barometerstand herstellte, so wurde der Ton der Glocke durch das nachströmende Wasserstoffgas statt stärker zu werden bis zur Unhörbarkeit geschwächt. Es wird dies aus der schwachen Fortpflanzung des Tones in Wasserstoffgas leicht begreiflich, wenn man sich das Wasserstoffgas in Schichten zwischen die Luft gelagert denkt.

Bei pneumatischen Feuerzeugen, deren Feuerschwamm entfernt ist, soll sich zuweilen der im Inneren des Glascylinders beim Stosse

[1]) Annals of philosophy V. XX, p. 172.

entwickelte Dampf geschichtet zeigen. Hier würde sogar ein einzelner Stoss zur Stoffschichtung genügen.

Indem wir einer späteren Zeit die nähere Untersuchung der durch Töne, Explosionen und mechanischen Stösse entstehenden Stoffschichtung vorbehalten, glauben wir durch das Angeführte Abria's mechanischen Standpunkt noch ferner bestätigt und für Geissler'sche Röhren anwendbarer gemacht zu haben.

Auch die Schichten, welche Quet und Seguin[1]) in Kohlenpulver durch Inductionsfunken hervorbrachten, können Knotenlinien der durch die Funken bewegten Luft sein. Doch ist es möglich, dass die Leitungsfähigkeit der Kohle eine Rolle spielt und dass bei der elektrischen Stoffschichtung überhaupt nicht blos die Dichtigkeit sondern auch die Leitungsfähigkeit der Stoffe schon bei der Entstehung der Stoffschichtung wirksam ist und daher noch mehr als das ungleiche Erglühen der besser und schlechter leitenden Theilchen bewirkt. Ein Ersatz der Kohle durch sehr leichte, aber isolirende Pulver dürfte in dieser Hinsicht zur Entscheidung führen, was wir so bald als möglich experimentell untersuchen werden.

Wir halten es übrigens für überwiegend wahrscheinlich, dass die Elektricität bei der Hervorbringung der Stoffschichtung keine specifische, sondern eine blos mechanische Wirkung sei. Selbst der Umstand, dass die Schichten oft spiralförmig angeordnet scheinen, kann nur zur Bestätigung dienen. Hat doch schon Savart eine spiralförmige Anordnung akustisch erzeugter Knotenpunkte wahrgenommen[2]) und hat Fermond den Spiralen in tönenden Pfeifen eine besondere Wichtigkeit beigelegt[3]).

Was ferner die von Morren angeregte Vergleichung zwischen der Schichtung des elektrischen Lichtes und den Seitenentladungen eines nicht zersprengten Drathes betrifft, so haben wir in dieser Hinsicht Folgendes zu bemerken. Wir wiederholten den Versuch, den van Marum über solche Seitenentladungen an feinen Dräthen anstellte, die mit den Conductoren einer sehr kräftigen Elektrisirmaschine in Verbindung standen. Am positiven Conductor wurde der Drath mit einer Reihe von Büscheln besetzt, welche man wohl als

[1]) Cosmos V. XIV, p. 647—649.
[2]) Ann. de chim et de phys. T. XXIV, p. 56.
[3]) Compt. rend. T. XVII, p. 800; T. XVIII. p. 170.

Die jedem Fachmanne bekannten, bei der raschen Entwickelung der Wissenschaft von Jahr zu Jahr sich steigernden Unzukömmlichkeiten, welche mit der cumulativen Herausgabe von Abhandlungen verbunden sind, die sich auf sämmtliche naturwissenschaftliche Fächer beziehen, haben die mathematisch-naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften bestimmt, ihre Sitzungsberichte in zwei gesonderten Abtheilungen erscheinen zu lassen.

Die **erste Abtheilung** enthält die Abhandlungen aus der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Anatomie, Geologie und Paläontologie; die **zweite Abtheilung** die aus der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

Von jeder dieser Abtheilungen erscheint jeden Monat mit Ausnahme von August und September ein Heft, welches drei Sitzungen umfasst. Der Jahrgang enthält somit zehn Hefte.

Dem Berichte über jede Sitzung geht eine vollständige Übersicht aller in derselben vorgelegten Abhandlungen voran, selbst wenn diese nicht zur Aufnahme in die Schriften der Akademie bestimmt werden.

Der Preis des Jahrganges beträgt für eine Abtheilung 12 Gulden ö. W.

Von allen grösseren Abhandlungen kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und sind durch die akademische Buchhandlung Karl Gerold's Sohn zu beziehen.

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

KADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLVI. BAND. IV. UND V. HEFT.

Jahrgang 1862. — November und December.

(Mit 6 Tafeln.)

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

WIEN.

AUS DER KAIS. KÖN. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAISERL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1863.

INHALT.

XXV. Sitzung vom 6. November 1862: Übersicht 353

Beilinger und Kraus, Über Brande's elektrochemische Untersuchungen 357

XXVI. Sitzung vom 13. November 1862: Übersicht 369

Haidinger, Die October-Feuermeteore in den Wiener Blättern 1862 373

XXVII. Sitzung vom 20. November 1862: Übersicht 439

Clausius, Über die Molecularbewegungen in gasförmigen Körpern 457

Kummerer, Die Licht-Intensitäts-Curven auf krummen Flächen. (Mit 2 Tafeln.) 467

Fritsch, Die Eisverhältnisse der Donau bei Wien. (Mit 2 Tafeln.) 513

Knochenhauer, Über Flüssigkeiten im elektrischen Strome (I. Abtheilung.) 483

Tschermak, Einige Pseudomorphosen. (Mit 2 Tafeln.) 493

Stefan, Über die Bewegung flüssiger Körper. (II. Abhandlung.) 495

XXVIII. Sitzung vom 4. December 1862: Übersicht 521

Mormann, Über die Bahn der Europa 523

Vlacovich, Sulla Scarica istantanea della bottiglia di Leyda . 531

XXIX. Sitzung vom 11. December 1862: Übersicht 571

Haidinger, Pseudomorphose von Glimmer nach Cordierit von Greinburg im Mühlkreise in Österreich ob der Enns . . . 575

XXX. Sitzung vom 18. December 1862: Übersicht 597

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLVI. BAND.

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

XXV. SITZUNG VOM 6. NOVEMBER 1862.

Herr Joseph Popper in Wien übermittelt ein versiegeltes Schreiben mit dem Ersuchen um Aufbewahrung zur Sicherung seiner Priorität.

Herr Balthasar Schallhart, Bau-Official bei der k. k. Militärgrenz-Baudirection in Temesvar, übersendet folgende Abhandlungen:

I. „Allgemeine Bestimmung des Seitendruckes der Massen".

II. „Seitendruck tropfbarer flüssiger Massen".

III. „Statik der Erden".

IV. Theorie der Stützmauern.

Herr Dr. G. Tschermak überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Einige Pseudomorphosen".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academy, The American—, of Arts and Sciences. Memoirs. N. S. Vol. VIII, Part 1. Cambridge & Boston, 1861; 4°. — Proceedings. Vol. V. 31 — 48; 8°.

— of Natural Sciences of Philadelphia, Journal. N. S. Vol. V, Part 1. Philadelphia, 1862; 4°. — Proceedings. Jahrgang 1861. 7 — 36. Jahrgang 1862. No. 1 — 4. January — April; 8°.

Andersson, N. J., A Synopsis of North American Willows. (From the Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, Vol. IV.) Cambridge, 1858; 8°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1385. Altona, 1862; 4°.

Austria, XIV. Jahrgang. XLIII. & XLIV. Heft. Wien, 1862; 8°.

Bland, Thomas, On the Geographical Distribution of the Genera and Species of Land Shells of the West India Islands, with a Catalogue of the Species of Each Island. (From the Annals of the Lyceum of N. H. New York. Vol. VII.) New York, London, Paris, Melbourne & Madrid, 1861; 8°.

Breslau, Universität. Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1861 — 62. 8° & 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, Tome LV. No. 14 & 15. Paris, 1862; 4°.

Cosmos, IXe Année, 21e Volume, 17e—18e Livraison. Paris, 1862; 8°.

Dana, James D., A Review of the Classification of Crustacea. (From the Amer. Journ. of Sciences and Arts. 2^d S. Vol. XXII.) 8°.

Eaton, Daniel C., *Filices Wrightianae et Fendlerianae. (Ex. Mem. Acad. Amer. Sc. et Art. N. S. Vol. VIII.) Cantabrigiae*, 1860; 4°.

Graham, J. D., Annual Report on the Harbor Improvements of Lakes Michigan and St. Clair for 1855, 1857 & 1858. Washington; 8° (nebst 19 Plänen und Karten). Gr.-Folio.

Gray, Asa, Notice of a new Genus of Plants, of the Order Santalaceae. (From the Amer. Journ. of Sc. & Arts. 2^d S. Vol. I.) 8° — Notes upon some Rubiaceae. (Extr. Proceed. Amer. Acad. of Arts & Sc. Vol. IV.) 8° — *Plantae Lindheimerianae* Part. II. (Boston Journ. of Nat. Hist. Vol. VI.) 8° — Statistics of the Flora of the Northern United States. (From the Amer. Journ. of Sc. & Arts. Vol. XXII & XXIII.) 8° — Review of Darwin's Theory on the Origin of Species. (From the Amer. Journ. of Sc. & Arts. Vol. XXIX.) 8° — A free Examination of Darwin's Treatise of the Origin of Species and of its American Reviewers. (From the Atlantic Mounthly for July, Aug., Oct. 1860.) 8° — Botanical Memoirs extracted from Vol. VI. [N. S.] of the Mem. of the Amer. Acad. of Arts & Sciences) 4° — Chloris Boreali-Americana. Illustrations of new, rare, or otherwise interesting North American Plants. Decade I. (From the Mem. of the Amer. Acad. of Arts & Sc. [N. S.] Vol. III.) 4° — Note of the Affinities of the Genus Vavaea, Benth. Also of Rhytidandra, Gray. (From the Mem. of the Amer. Acad. of Arts and Sciences. [N. S.] Vol. V.) 4° — *Plantae novae Thurberianae.* (From the Mem. Amer. Acad. of Arts and Sciences. [N. S.] Vol. V.) Cambridge, 1854; 4° — *Plantae Wrightianae Texano-Neo-Mexicanae.* Part I & II. (Smiths. Instit. to Knowledge.) Washington & New York, 1852 & 1853; 4° — List of dried Plants collected in Japan, by S. Wells Williams and James Morrow; 4° — Report on the Botany of the Exploration: By John Torrey and Asa Gray. (Expl. and Surv. for a Railroad Route fr. the Mississippi River to the Pac. Ocean.) Mit 10 Tafeln. 4°

Grisebach, A., *Plantae Wrightianae e Cuba orientali. (Polypetalae et Apetalae.)* 4°.

Harvey, William H., Characters of New Algae. (From the Proceed. of the Amer. Acad. Vol. IV.) 8°.

Helsingfors, Universität. Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1861 & 1862; 4° & 8°.

Humphreys, A. A. and H. L. Abbot, Report upon the Physics and Hydraulics of the Mississippi River etc. Philadelphia, 1861; 4°.

Ives, Jos. C., Report upon the Colorado River of the West. Washington, 1861; 4° (Presented by the Smithsonian Institution.)

Kiel, Universität. Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1861, Band VIII. Kiel, 1862; 4°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XII. Jahrgang, Nr. 31. Wien, 1862; kl. 4°.

Lyceum of Natural History of New York, Annals. Vol. II. 1828; Vol. IV. 1848; Vol. V. 1852; Vol. VII. Nr. 10 — 12. 1861; 8°.

Mackall, Louis, The Action of the Voluntary Muscles. (Extracted from an unpublished Work.) 8°.

Madison, (State of Wisconsin) Report on the Geological Survey of the State of Wisconsin. Vol. I. 1862; 8°. — Annual Message of the Governor of the State of Wisconsin delivered to the Legislature at its 14th Session, January 8, 1862. Madison, 1862; 8°.

Message from the President of the United States to the two Houses of Congress at the Commencement of the thirty-sixth Congress. Vol. I — III. Washington, 1860; 8°.

Montpelier, (Vermont State Library) Report on the Geology of Vermont. In two Volumes. Published by Albert D. Hager. Vol. I & II. Clarmont, 1861; 4°.

Owen, David Dale, Fourth Report of the Geological Survey in Kentucky made during the Years 1858 & 1859. Frankfort, 1861; 8°.

Report of the Trustees of the Museum of Comparative Zoology. 1861. Boston; 8°.

— Thirteenth Annual—, of the Regents of the University of the State of New York. Albany, 1860; 8°.

Smithsonian Institution, Annual Report for 1860; 8°; Results of Meteorological Observations under the Direction of the Smithson.

Instit. from 1854—1859. Vol. I. 4°; Catalogue of Publications of the Smiths. Instit. corrected to June 1862. 8°; Smithsonian Miscellaneous Collections. Vol. I—IV. Washington, 1862; 8° — Leconte John L., Classification of Coleoptera of North America. Part I. Washington, 1861—1862; 8° — Hagen, Hermann, Synopsis of North American Neuroptera. Washington, 1861; 8° — Morris, John G., Synopsis of North American Lepidoptera. Washington, 1862; 8° — Smithsonian Museum Miscellanea. Washington, 1862; 8°

Smithsonian Institution. The. — (Extr. from the Amer. Journ. of Sciences and Arts. Vol. XX.) 8°

Society, Boston—, of Natural History, Proceedings. Vol. VIII. 5—20. Vol. IX. 1—3. Boston, 1861—1862; 8°

— American Philosophical—, Transactions. Vol. XII. N. S. Part. I. Philadelphia, 1862; 4° — Proceedings. Vol. VIII. No. 65 & 66. January — December, 1861; 8°

Sullivant, William S., *Musci Cubenses Whrightiani*, coll. 1856—1858. (From the Proceed. of the Amer. Acad. August 1861.) 8°

Torrey, John, Observations on the *Batis maritima* of Linnaeus. (Smith. Contr. to Kn.) Washington & New York, 1853; 4° — On the *Darlingtonia Californica*, a new Pitscher-Plant, from Northern California. (Smiths. Contr. to Kn.) Washington & New York, 1853; 4°

Tryon, George W., On the Classification and Synonymy of the recent species of Pholadidae. (From the Proceed. of the Acad. of Nat. Sc. of Philadelphia. April 1862.) 8°

Verein, naturhistorisch-medicinischer, zu Heidelberg, Verhandlungen. Band II. Heft 5. 8°

Ward, A. F., Universal System of Semaphoric Color Signals. Philadelphia, 1862; 8°

Wiener medicinische Wochenschrift. XII. Jahrgang, Nr. 43 & 44. Wien, 1862; 4°

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft. XII. Jahrgang, Nr. 1. Gratz, 1862; 4°

Über Brande's elektrochemische Untersuchungen.

Von Dr. **Edmund Reitlinger**,
Assistenten,

und **Franz Kraus**,
Eleven am k. k. physikalischen Institute.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 10. Juli 1862.)

1. Brande las unter dem Titel: „Über einige neue elektrisch-chemische Erscheinungen" in der London Society am 25. November 1815 (Philos. Transact. 1814, p. 1) eine Abhandlung über das Verhalten von Flammen zwischen zwei entgegengesetzt elektrisirten Kugeln. Er bezeichnete die in derselben mitgetheilten Versuche als diejenigen, welche unter allen bis zu seiner Zeit bekannten die Wirklichkeit einer den Körpern ursprünglich innewohnenden elektrischen Kraft am deutlichsten zeigen. Er betrachtete in solcher Weise seine Versuche als die Fundamentalversuche der elektro-chemischen Zersetzung von Körpern durch die Voltasäule, welche in dem der Abhandlung vorhergehenden Decennium durch Humphry Davy einen ewig denkwürdigen Aufschwung genommen hatte.

Schon Faraday hat nachgewiesen, dass die elektro-chemische Zersetzung nicht wie Brande in seiner Abhandlung voraussagt, auf einer Anziehung der Pole in die Ferne gegen elektro-positive oder negative Körper beruht, sondern dass die Pole jedenfalls ihre elektro-chemische Wirksamkeit nur der Induction auf die zunächst benachbarten Theilchen verdanken; daher Faraday dem Ausdrucke „Pole" zur Vermeidung jedes Irrthums den Ausdruck „Elektroden" substituirte. Sowohl durch die Fortschritte der Chemie als auch der Elektricitätslehre selbst wurde es in neuerer Zeit zweifelhaft, ob es überhaupt elektro-positive oder negative Körper gäbe und schon vor mehreren Jahren bezeichnete Magnus in einer speciell der Elektrolyse gewidmeten Arbeit diese Annahme als unhaltbar (Pogg. Ann. Bd. 102, p. 42). Magnus selbst spricht die Vermuthung aus, dass die Elektrolyse ihren Ursprung dem Umstande verdanken möge, dass Sauerstoff unter inducirender Einwirkung leichter negative, Wasser-

stoff unter derselben Einwirkung leichter positive Elektricität annehme. Es konnte daher nur als zeitgemäss erscheinen, nachdem die Theorie, nach welcher Brande seine Versuche erklärte, offenbar die allgemeine Zustimmung der Physiker nicht mehr besitzt, zu prüfen, ob jene Versuche wirklich die Existenz elektropositiver und negativer Körper beweisen oder nicht.

2. Wir haben daher die Versuche Brande's zum Gegenstande unserer Experimente gewählt. Brande betrachtete vor Allem das Verhalten einer Flamme zwischen zwei Kugeln, welche isolirt waren und mit den zwei Conductoren einer Elektrisirmaschine in Verbindung standen.

Wenn wir eine Flamme von Wasserstoff oder irgend einer organischen Kohlenstoffverbindung (Alkohol, Terpentinöl, Kampfer, Benzoë), welche sich in der Mitte zwischen den beiden Kugeln befand, betrachteten, während die Elektrisirmachine gedreht wurde, so sahen wir, wie er, die Flamme sich gegen die negative Kugel neigen. Während Brande die Beobachtung auf das Verhalten der Flamme in der Mitte beschränkte, so glaubten wir hierbei nicht stehen bleiben zu dürfen, sondern näherten die Flamme der einen und der andern Kugel bis zur Berührung, während die Elektrisirmaschine natürlich fortwährend in Thätigkeit erhalten wurde. Geschah dies an der positiven Kugel, so wurde die Flamme sichtbar immer stärker gegen die negative hingetrieben, je näher wir der Kugel kamen; an der Kugel selbst wurde sie wie eine Stichflamme unter dem Einflusse des Löthrohres von der positiven Kugel weggetrieben in der Verbindungslinie zur negativen. Wurde die Flamme in gleicher Weise von der Mitte aus der negativen Kugel genähert, so behielt sie ihre Richtung gegen dieselbe oder mit anderen Worten kehrte derselben fortdauernd eine Spitze zu, während sie an der andern Seite eine gegen die positive Kugel ausgebauchte Rundung zeigte. Die letztere Ausdrucksweise ist mehr als die erstere eine unbefangene Beschreibung des Phänomens. An der negativen Kugel angelangt legt sich die Flamme an dieselbe an; schief nach oben zieht sich wohl zuweilen eine Spitze; direct gegen die positive Kugel wendet sie aber jedesmal eine ausgebauchte Rundung zu. Besonders ausgezeichnet zeigt die Erscheinungen eine Wasserstoffflamme.

Bezüglich der Flamme des Kohlenstoffoxydes gab Brande an, dass sie sich ein wenig nach der positiven Kugel neigte. Er selbst

bezeichnet jedoch seine Resultate als „wenig deutlich" (Gilbert, Ann. Bd. 52, p. 377). Unsere Untersuchung der Flamme des Kohlenstoffoxydes lehrte, dass sie in der Regel zum negativen Pol gezogen wurde und nur sehr selten zeigte sie ein kurz andauerndes Flackern gegen die positive Kugel. Rückte man jedoch von der Mitte gegen die Kugeln, so erhielt man deutlich an der positiven Kugel die Stichflamme, an der negativen die gegen die positive ausgebauchte Rundung.

Die Flamme des Schwefelwasserstoffgases zeigte uns in der Mitte zwischen den Kugeln eben so wenig deutliche Resultate als Brande selbst. An den Kugeln zeigte sich wieder Stichflamme und ausgebauchte Rundung, wiewohl weniger deutlich als in den früheren Fällen.

Die Flamme des brennenden Schwefels, welche Brande zu klein für Beobachtungen erhielt, gelang es uns in zur Beobachtung geeigneter Grösse dadurch zu erhalten, dass wir das Ende einer feinen Glasröhre in geschmolzenen Schwefel tauchten und den so erhaltenen Überzug anzündeten. Die so zur Beobachtung gut geeignete Schwefelflamme verhielt sich im Wesentlichen wie die Flamme des Kohlenstoffoxydes.

Die Flamme des Schwefelkohlenstoffes verhielt sich eben so.

Die Phosphorflamme zeigte in der Mitte bei schwacher Einwirkung der Elektricität keine Neigung gegen die eine oder die andere Kugel. Bei starker Elektrisirung wurde sie getheilt und nach beiden Seiten gezogen. An den Polen konnte man Spuren der Stichflamme und ausgebauchten Rundung bemerken; jedoch waren unsere Wahrnehmungen mit der Phosphorflamme wegen unregelmässiger Verbrennung nicht recht deutlich.

Es ist durch viele Gründe wahrscheinlich, dass zwischen den beiden Conductoren der Elektrisirmaschine, insbesondere wenn sich zwischen ihnen eine Flamme befindet, eine Entladung stattfindet, welche nur wegen der zu geringen Elektricitätsmenge und der zu grossen Dichtigkeit der Luft noch nicht als Lichterscheinung wahrnehmbar ist. Die Lichtenberg'schen Figuren zeigten schon solche unsichtbare Entladungen und zwar mit allen Eigenschaften der Lichtbüschel versehen. Daher müssen die die Entladung vermittelnden Lufttheilchen an der positiven Kugel eine Richtungscomponente gegen die negative Kugel erhalten, während an dieser selbst die Ausgleichung nach allen Seiten gleichmässig geschieht, wie solches

bei den sichtbaren Entladungen in verdünnten Räumen theils schon aus dem Anblicke, insbesondere aber durch die Einwirkung des Magnetes (Plücker, Pogg. Ann. B. 107, p. 88) erkannt wurde. Es ist daher natürlich zu vermuthen, dass die Stichflamme an der positiven Kugel und die rundliche Ausbauchung an der negativen nur einer durch die chemische Verbrennung künstlich bewirkten Sichtbarkeit der charakteristischen Eigenschaften der Entladungen an den zwei Elektroden ihre wahrgenommene Form verdanken. Die Neigung der Flamme in der Mitte erscheint nach dieser Anschauungsweise nur als ein specieller Fall der sichtbar gewordenen Bewegungen der die Entladung fortführenden Theilchen im gesammten Entladungsraume zwischen beiden Kugeln.

Diese Vermuthung wurde noch weiter bekräftigt durch die Bezugnahme auf eine Abhandlung Hankel's „über das Verhalten der Weingeistflamme in elektrischer Beziehung", wonach man an der Alkoholflamme als solcher ohne metallischen Contact in keiner Weise elektrische Spannungen wahrnimmt. Wir wendeten daher eine Alkohollampe an, die nur gläserne Bestandtheile hatte, und da wir an derselben eben so, wie an den anderen Flammen der organischen Kohlenstoffverbindungen, die Neigung gegen die negative Kugel in der Mitte, die Stichflamme an der positiven und die gegen diese ausgebauchte Rundung an der negativen Kugel erhielten, so glaubten wir, annehmen zu dürfen, sämmtliche drei Erscheinungen seien sichtbare Wirkungen unsichtbarer Entladungen. Musste doch selbst die Wärme der Flammen Entladungen zwischen den Kugeln befördern. Wir rechnen daher die Erscheinungen an Flammen zwischen zwei elektrisirten Kugeln, die Brande zuerst und wir vollständiger beobachteten, zu dem Gebiete der Artunterschiede der positiven und negativen Elektricität und sehen in denselben keinen Beweis, dass Körper im natürlichen Zustande elektropositiv oder negativ sind.

3. Brande beobachtete aber nicht blos die Flammen, sondern auch die als Verbrennungsproducte von der Flamme aufsteigenden Säuren. Wir wiederholten auch in dieser Hinsicht Brande's Versuche, und verstärkten, wie er, die Sichtbarkeit der sauren Dämpfe, indem wir Ammoniakgas in der Nähe aufsteigen liessen oder die Kugeln mit Lackmuspapier überzogen. Besonders deutlich und regelmässig begab sich die schweflige Säure zur positiven Kugel. Weniger

deutlich waren die Erscheinungen bei Benzoësäure und Phosphorsäure. Bei letzterer namentlich wurde sehr oft das Verhalten so gefunden, dass die Säure, wenn die Flamme in der Mitte stand, sich nach beiden Seiten gleichmässig in feinen Fäden zog, wenn die Flamme aber der einen oder andern Kugel näher stand, der phosphorsaure Rauch sich in beiden Fällen zur nähern Kugel wandte. Wenn wir die Flammen höher als die Kugeln hielten, so zog sich schweflige Säure zuweilen auch mehr zur negativen als zur positiven Kugel. Brande theilt noch ferner mit, dass ein Strom salzsaures und ein ähnlicher salpetrigsaures Gas sich unter Einfluss elektrischer Kugeln zur positiven begeben.

Wie soll man nun diese zweite Gruppe von Versuchen erklären? Zwar hat für die hier in Betracht kommenden Flammen Niemand in der Art, wie Hankel für die Alkoholflamme, bewiesen, dass der Act der Verbrennung als solcher in keiner Weise elektrische Spannungen erzeugt. Es könnten also die schweflige, — die Phosphor- und die Benzoësäure durch die Verbrennung negativ geworden sein, und in Folge dessen sich zur positiven Kugel begeben haben. Abgesehen davon, dass die Entstehung negativ elektrisirter Säuren durch Verbrennung nicht bewiesen ist und eine gründliche Untersuchung dieser andern Flammen eine noch nicht gelöste Aufgabe ist (vielleicht finden wir selbst in einiger Zeit Gelegenheit zu derselben), so liesse sich hieraus weder die Beobachtung bei Flammen, die höher als die Kugeln stehen, noch die bei den Strömen saurer Gase begreifen. Will man seine Zuflucht zu einer Contacttheorie nehmen, so scheint uns die Annahme irgend einer Contactelektricität von Gasen mit Gasen vermöge der charakteristischen Eigenschaften ihrer Aggregatform sehr unwahrscheinlich. Auch würde der Contact das verschiedene Verhalten höher und tiefer gestellter Flammen nicht erklären. Viel natürlicher ist die Erklärung dieser Erscheinungen durch Anwendung der aërostatischen Gesetze auf elektrisirte Gase. Jede Entladung wird, wenn ihr gute und schlechte Leiter dargeboten sind, an dieselben im umgekehrten Verhältnisse der Leitungswiderstände vertheilt. Es werden daher die Gastheilchen der relativ besser leitenden Stoffe den grösseren Theil der Entladung fortführen und daher auch die Richtungscomponente im Sinne der positiven Entladung im höheren Masse besitzen. Es ist daher begreiflich, dass die schlechter leitenden Theilchen, die man nach der Analogie der Kohlensäure

bei den erwähnten Säuren voraussetzen kann, durch aërostatischen Druck in die entgegengesetzte Strömung als die besser leitenden, also gegen die positive Kugel, versetzt werden. Dass bei den sich wechselseitig weckenden Strömungen und Gegenströmungen der Gase bei einer gewissen Höhe der Flamme die Säure auch an die negative Kugel geführt werden kann, wird bei unserer Auffassung um so weniger in Erstaunen setzen, als die hiezu nöthigen Strömungen seitliche gegen die horizontale Hauptströmungsrichtung sind. Eben so bereitet es unserer Erklärung keine Schwierigkeiten, dass die in Strömen zugeführten sauren Gase sich in ihrem Verhalten von den durch Verbrennung erzeugten nicht unterscheiden. In solcher Weise liessen sich auch diese Beobachtungen Brande's aus dem ungleichen Antheil besser und schlechter leitenden Theilchen an der Entladung, aus der Richtungscomponente im Sinne der positiven Entladung und aus dem Gesetze des aërostatischen Druckes ohne Zuhilfenahme eines elektropositiven und negativen Zustandes der Gase begreifen.

4. Eine fernere Beobachtung, welche Brande mittheilt, ist, dass bei brennendem Benzoë oder brennender Benzoësäure, bei den Flammen von Kampher und Harzen die negative Kugel bald mit dichtem Russe bedeckt wird. Er glaubt darin deutlich zu sehen, dass die kohlenstoffartigen Körper von der negativen Kugel angezogen werden. Wenn wir nicht sehr irrten, so hatten wir bei der Schwefelwasserstoffflamme ein Analogon dieser Beobachtung am positiven Pole in Ansetzung von etwas Schwefel daselbst. Ist diese Beobachtung richtig, so müssten wir annehmen, dass nicht aller Schwefel des Schwefelwasserstoffes zu schwefliger Säure geworden ist, sondern dass ein Theil analog der den hellen Lichtschein bewirkenden Kohle in anderen Flammen, als fein zertheilter fester Körper durch die schweflige Säure an den negativen Pol geführt und dort condensirt wurde.

Wenn wir aber auf das Resultat hier sahen, so konnten wir nicht umhin zu bemerken, dass die in den Paragraphen 2 und 3 mitgetheilten Versuche von Brande zeigten, dass wirklich Kohlenstoff, welcher auch in der Elektrolyse am negativen Pole erwartet werden müsste, sich im Zusammenhange mit den von ihm studirten Erscheinungen am negativen Pole abscheiden kann und dass eben so Schwefel gleichfalls im Zusammenhange mit den von ihm beobach-

teten Erscheinungen, am positiven Pole auftreten kann. Es war dadurch ein weiteres Nachdenken gerechtfertigt, ob nicht die Versuche Brande's, wenn auch nicht vermittelst jener Deutung, die er sowohl ihnen als der Elektrolyse gab, doch vermittelst einer andern Auslegung in einem tieferen allgemeinen Zusammenhange mit der Elektrolyse stünden. Dieser Zusammenhang kann auf zwei verschiedenen Grundlagen beruhen. Die erste dieser Grundlagen würde in der Annahme bestehen, dass die Körpertheilchen, welche in ihrer natürlichen Beschaffenheit weder positive noch negative Elektricität besitzen, wie ja einer solchen Hypothese in diesem Aufsatze die letzte Stütze genommen wurde, doch durch ihren Contact positiv oder negativ elektrisch werden, eine Annahme die selbst wieder mannigfacher Specialisirungen fähig ist. Man kann sodann auf irgend eine solche specialisirte Annahme eine Theorie der Elektrolyse gründen, und diese im Zusammenhange mit den Versuchen der §§. 2 und 3 betrachten. Doch vermochten wir für dieselben nach den Auseinandersetzungen der erwähnten Paragraphe eine Contacttheorie nicht wahrscheinlich zu finden. Möglich bleibt es zwar noch immer, dass sich später eine Contacttheorie der Versuche der §§. 2 und 3 als wahr beweise. Es würde dann eine und dieselbe Contacttheorie sowohl diesen Versuchen, als der Elektrolyse, als auch, wie wir später sehen werden, der Fortführung materieller Theilchen durch den Strom nach Reuss, Porret, Wiedemann und Quincke zu Grunde gelegt werden müssen. Wir selbst sind aber nicht dieser Ansicht. Wir glauben überhaupt nicht, dass eine spätere Prüfung die im Weiteren von uns entwickelten Ansichten je wird als irrig und eine Contacttheorie für die von uns betrachteten Versuche als richtig erscheinen lassen. Sollte dies aber doch der Fall sein, so nehmen wir für uns in Anspruch, durch diesen Aufsatz den Leser überzeugt zu haben, dass entweder die Contacthypothese oder unsere, die wir sogleich auseinandersetzen werden, das ganze Gebiet in allen erwähnten drei Theilen beherrschen müsse.

Die zweite Grundlage, die sich hier als möglich darstellt, ist, dass wir, so wie wir die Versuche der §§. 2 und 3 durch die Theilung der Ströme im umgekehrten Verhältnisse der Leitungswiderstände durch die Richtungscomponente im Sinne des positiven Stromes und den aërostatischen Druck erklärten, ebenso die That-

sachen der Elektrolyse durch die Theilung des Stromes zwischen Leitern und Nichtleitern, durch die Richtungscomponente im Sinne des positiven Stromes und den hydrostatischen Druck erklären. Schon Wiedemann glaubte, dass in den Vorgängen der Elektrolyse ein wesentliches Überwiegen der Bewegungsrichtung der positiven Elektricität von Einfluss sei. Zwar hinderte ihn, wie er selbst erzählt, die Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren durch Riess, diesem Überwiegen der Richtung der positiven Elektricität jene Allgemeinheit zu geben, die durch einen in den Akademieschriften veröffentlichten Aufsatz nach Widerlegung von Riess begründet wurde [1]), doch konnte er schon damals nicht umhin, dieses Überwiegen der Richtung der positiven Elektricität als eigentliche Ursache der Fortführung der Flüssigkeiten durch ein poröses Diaphragma anzunehmen. Der erwähnte Zusammenhang, den er nun

[1]) Da Professor Riess in einer Anmerkung seiner Abhandlung „über Ringfiguren" die oben erwähnte Widerlegung für nicht stichhältig erklärte, so habe ich die Ansichten von Riess und mir noch einmal näher in einer Abhandlung „Erläuterungen über Lichtenberg'sche Figuren" beleuchtet: wo (Sitzungsber. Bd 43, pag. 541) ich auch bereits die hier vorliegende Abhandlung ankündigte. Riess hat sich gegen diese Abhandlung in einer Note beim Abdrucke seiner Ringfiguren in Poggendorff's Annalen neuerdings abfällig geäussert. Da er aber in dieser Note mir Aussprüche in den Mund legt, die der Leser in meiner Abhandlung vergeblich suchen wird, dagegen die dort mitgetheilten Thatsachen ignorirt, so glaube ich gegenüber jener Note nur darauf hinweisen zu sollen, dass die Naturforscher unserer Zeit ihre Controversen nicht durch Worte sondern durch Versuche entscheiden. Meine Versuche sowohl über Lichtenberg'sche Figuren in verschiedenen Gasen als andere stehen mit der Erklärung der Formverschiedenheit zwischen positiven und negativen Figuren, welche Riess gab, im Widerspruch, während sie die von mir behauptete Analogie zwischen Lichtenberg'schen Figuren und elektrischen Lichterscheinungen augenfällig bewahrheiten. Ich füge diese Anmerkung hier bei, weil manche sich nur zu sehr an den Spruch halten: qui tacet, consentire videtur, und weil Herr Kraus und ich gezwungen sind, meine Widerlegung der Erklärung des Professors Riess zu citiren. Es sei mir gestattet bei dieser Gelegenheit einen Versuch zu veröffentlichen, den ich vor einiger Zeit unter Assistenz des Herrn Luka Žerjau im physikalischen Institute anstellte und der eine neue Bestätigung meiner Erklärung abzugeben geeignet ist. Man erhält Lichtenberg'sche Figuren auf Ölen durch Entladung positiver oder negativer Elektricität von einer Spitze gegen die in einer kleinen Entfernung befindliche Oberfläche des Öles. Man bekommt sodann unter der positiven Spitze eine sternförmige Figur, gebildet durch Wellenberge, welche unter der Spitze zusammenstossen. Unter der negativen Spitze erhält man Wellenzüge, die in concentrischen Kreisen die Spitze umschliessen. Die Wellenrichtungen der ersten und zweiten Figur stehen auf einander senkrecht. Olivenöl ist zur deutlichen Wahrnehmung empfehlenswerth. Man kann sich dies kaum anders bewirkt denken, als durch die entsprechenden Configurationen der Luftströmungen über dem Öle. So

zwischen diesem Überwiegen und der Elektrolyse findet, besteht darin, dass er annimmt, der Strom schiebe das Salz in einem andern Verhältnisse fort als das Wasser, und so werde eine Änderung des relativen Salzgehaltes in den Zersetzungszellen, für welche Hittorf bekanntlich seine Wanderung der Jonen einführt, bewirkt. Das Überwiegen der Bewegungsrichtung der positiven Elektricität, oder mit andern Worten, eine Richtungscomponente im Sinne des positiven Stromes für alle Theilchen, welche eine Entladung zwischen zwei Elektroden in Gasen oder Flüssigkeiten vermitteln, steht, wie schon erwähnt, durch die Lichtenberg'schen Figuren, durch die magnetischen Spiralen Plücker's und viele andere Thatsachen fest. Wir können also dem Strome eine solche mechanische Wirkung, wie die Mittheilung der erwähnten Richtungscomponente zuschreiben. In einer Abhandlung über Töne und Bewegungserscheinungen im Schliessungsbogen des galvanischen Stromes, welche man in den Sitzungsberichten der Akademie findet, ist gegen Schluss eine Hypothese erwähnt, durch welche diese Richtungscomponente selbst noch weiter auf moleculare Mechanik zurückgeführt wurde. Hier mag ihre Thatsächlichkeit genügen, wie sie schon in den §§. 2 und 3 von uns benützt wurde. Wirklich liessen sich die dort mitgetheilten Thatsachen vermittelst ihrer Hilfe leicht begreifen.

Statt wie Wiedemann eine blosse Besonderheit der Elektrolyse vermittelst dieser mechanischen Wirkung zu erklären (die Hittorf'sche Wanderung der Jonen), müssen wir die Grundthatsache der Elektrolyse auf dieselbe zurückführen, wenn wir die Betrachtungen der §§. 2 und 3 auf die gesammte Elektrolyse ausdehnen. Eine der fest gestelltesten Regeln über elektrische Strömungen und Entladungen ist die, dass sich die Intensitäten der Ströme im umgekehrten Verhältnisse der Leitungswiderstände zwischen zwei ihnen dargebotenen Wegen theilen. Wenden wir diese Regel auf die Elektrolyse an, und

---

lange nicht meine vielen älteren Versuche nebst diesem neuen widerlegt sind, muss man wohl die Formverschiedenheit der Lichtenberg'schen Figuren eben in verschiedenen Luftbewegungen suchen. Diese selbst kann man sich durch eine Richtungscomponente im Sinne der Entladung an der positiven Elektrode und durch die Abwesenheit einer solchen an der negativen Elektrode bewirkt denken. Im Texte selbst sieht man, wie wichtig eine richtige Theorie der Lichtenberg'schen Figuren selbst für elektro-chemische Fragen ist.

Dr. Reitlinger.

beachten wir, wie schon Weiske that, dass alle Elektrolyten einen leitenden Bestandtheil haben, der zum negativen Pole geht, und einen isolirenden, der zum positiven Pole geht. Nehmen wir ferner an, dass jene eigenthümlichen Atomverhältnisse, welche beim flüssigen Aggregatzustande den hydrostatischen Druck bewirken und die Körper unter dem Einflusse der Schwere und des Magnetismus, wie schon bekannt, nach entgegengesetzten Richtungen durch den blossen Unterschied der nach einer Richtung impellirenden Kräfte treiben auch bezüglich jener Kräfte, welche den Theilchen eine Richtungscomponente im Sinne des positiven Stromes verleihen, sich wirksam zeigen, was man beinahe keine Annahme, sondern nur eine logische Consequenz nennen kann. Aus diesen Voraussetzungen folgt unmittelbar, dass die den grössten Theil der Entladung übernehmenden leitenden Theilchen zum negativen Pol vermittelst directer Wirkung der Richtungscomponente, dagegen die nur einen sehr kleinen Theil der Leitung übernehmenden isolirenden Theilchen vermöge hydrostatischen Druckes zum positiven Pol getrieben werden.

Als ein Hauptprüfungsmittel dieser Ansicht musste erscheinen, Versuche ausfindig zu machen, welche ohne elektrolytischen Vorgang sämmtliche hier beschriebenen Wirkungen factisch sehen lassen. Als solche Versuche konnten zwar die Versuche der §§. 2 und 3 erscheinen; da sie aber mit Gasen statt mit Flüssigkeiten zu thun hatten, so bemühten wir uns, in solchen die hier vorausgesetzte Wirkungsweise der Elektricität anschaulich zu machen.

Es wurde in Terpentinöl fein zerriebener Kork gestreut, durch Umrühren mit einem Glasstabe ein möglichst gleichförmiges Gemenge gemacht und in das Terpentinöl zwei isolirte mit den Conductoren der Elektrisirmaschine verbundene Kugeln getaucht. Wurde nun die Maschine gedreht, so sammelte sich aller Kork am negativen Pole und das Terpentinöl wurde nach und nach gereinigt. Damit das Experiment jedoch gut gelingt, ist es nothwendig, ein gewisses Verhältniss in der Menge des Korkes zu treffen, denn wenn zu viel Kork vorhanden ist, so geschieht es zuweilen, dass sich feine Fäden von aneinander gereihten Korktheilchen zwischen der positiven und negativen Kugel im Aussehen ähnlich den magnetischen Curven erzeugen, und indem sie sich einander nähern und zusammenschliessen, eine förmliche leitende Brücke zwischen beiden Kugeln bilden. Ganz

ähnlich zeigte sich das Verhalten, wenn zerriebene Kohle dem Terpentinöle statt der Korktheilchen beigemengt wurden. Zum mindesten eben so gut wenn nicht besser, gelang der Versuch mit fein zerriebener Kohle in Olivenöl. Schüttete man dagegen fein zerriebenen Schwefel in Terpentin- oder auch Olivenöl, so sammelte sich aller Schwefel an der positiven Kugel. In beiden Fällen bildeten sowohl Kork- und Kohlen- als Schwefeltheilchen einen allseitigen Überzug der Kugel. Noch eclatanter war der Versuch, wenn man in Terpentinöl gleichzeitig fein geriebene Kork- und Schwefeltheilchen brachte und das Ganze durch einen Glasstab innig mengte. In diesem Falle waren schon nach wenigen Umdrehungen der Elektrisirmaschine sämmtliche Korktheilchen am negativen, sämmtliche Schwefeltheilchen am positiven Pole und das Terpentinöl war rein.

Nicht uninteressant dürfte auch folgende Variante des Versuches sein. Das Gefäss mit dem Terpentinöl wurde durch eine Scheidewand aus einem Blatte Fliesspapier in zwei Theile getheilt, während sich in beiden Theilen das erwähnte Gemenge von Schwefel und Kork mit Terpentinöl befand. Nach kurzer Zeit war die der positiven Kugel gegenüberliegende Papierfläche dicht mit Kork, die andere dicht mit Schwefel überzogen und zwar so, dass dieser Überzug auf jeder Seite in auffallender Reinheit nur aus dem Einen Stoffe bestand. Diese letzteren Versuche mit Kohle und Schwefel angestellt, gelangen gleichfalls, doch weniger eclatant. Bei allen diesen Versuchen waren lebhafte Wallungen des Terpentin- und Olivenöles, wie man solches längst weiss. Sie schienen beim Olivenöl durch den eingestreuten Schwefel lebhafter zu werden und waren in beiden Fällen so, dass die Strömung in der Mitte von der negativen zur positiven Kugel ging und im äusseren Raume der Schale in einem weiten Wirbel von der positiven zur negativen Kugel zurückkehrte.

Wir erblicken in diesem Versuche die Bestätigung unserer elektrolytischen Ansicht. Schon die Bildung der feinen Fäden leitender Theilchen zeigt, dass sich wie natürlich und wie man es sich auch kaum anders denken kann, die Entladung der beiden Kugeln hauptsächlich die leitenden Theilchen zu ihrem Träger wählt; dadurch werden diese leitenden Theilchen von der positiven zur negativen Kugel getrieben. Die isolirenden Theilchen müssen eben dieser Bewegung wegen durch hydrostatischen Druck zur positiven Kugel wandern. Ein besserer Leiter als die umgebende Flüssigkeit muss

an der negativen Kugel, ein schlechterer Leiter als die umgebende Flüssigkeit an der positiven Kugel durch hydrostatischen Druck festgehalten werden, weil hier in einem Falle die Flüssigkeit stärker weggetrieben, im andern Falle die Flüssigkeit weniger angetrieben wird.

Betrachten wir die Elektrolyse von Chlorzink, Chlorbarium etc. in Alkohol, so glauben wir vom elektrischen Standpunkte in dem eben erwähnten Experimente ein getreues Bild des Vorganges zu haben, wie das Chlor wird der Schwefel zum positiven Pole, wie das Zink wird der Kork zum negativen Pole getrieben, und wie der Alkohol wird auch das Terpentinöl vollkommen gereinigt.

5. Bewegungen sowohl von Alkohol als von in demselben suspendirten Theilchen wurden längst von Priestley, Faraday und Anderen mitgetheilt und eine in den Sitzungsberichten der Akademie veröffentlichte Arbeit über flüssige Isolatoren hat ihnen vor einigen Jahren ein neuerliches Studium gewidmet. Kürzlich hat sie Quincke gleichzeitig mit den Bewegungen von destillirtem Wasser und Alkohol unter Einwirkung der Elektrisirmaschine, der Entladung der Leidner Flasche und endlich auch des constanten Stromes von 40 — 80 Grove'schen Elementen einer ausführlichen Experimental-Untersuchung unterzogen. Da man möglicher Weise das im vorigen Paragraphe mitgetheilte, von uns für ein neues Fundament der Elektrolyse gehaltene Experiment mit diesen Versuchen Quincke's in Zusammenhang bringen und vielleicht nur als Consequenz jener Contactelektricität betrachten könnte, durch welche Quincke die kleinen Bewegungen suspendirter Theilchen in der Mitte seines Überführungsrohres erklärte, so wurden wir hierdurch veranlasst den Versuchen Quincke's einige Worte zu widmen.

Quincke fand, dass Wasser und die meisten Sorten von Alkohol im Sinne der positiven Elektricitätsströmung dagegen eine Sorte von Alkohol und Terpentinöl im Sinne der negativen Elektricitätsströmung bewegt würden. Ferner fand er, dass an seinem capillare Dimensionen besitzenden Überführungsrohre Stärkekörnchen und alle anderen von ihm untersuchten festen, flüssigen und gasförmigen suspendirten Theilchen in reinem Wasser und in den meisten Sorten von Alkohol im Sinne der negativen Elektricitätsströmung sich bewegten. Dagegen wanderten in einer Sorte Alkohol und in Terpentinöl sämmtliche suspendirte Theilchen mit Ausnahme des

Schwefels im Sinne der positiven Elektricitätsströmung. Nur der Schwefel wurde in diesen Flüssigkeiten im Sinne der negativen Elektricitätsströmung fortgetrieben. Die nähern Details dieser Erscheinungen so wie die Beobachtungsmethoden Quincke's für dieselben müssen wir den Leser bitten in der Originalabhandlung (Pogg. Ann. Bd. 113, pag. 513) nachzusehen. Quincke glaubte nun diese Erscheinungen dadurch erklären zu können, dass er annimmt, bei dem Versuche, wo Wasser im Sinne der positiven Elektricität fortgetrieben werde, sei dieses Wasser durch den Contact mit der Röhrenwand positiv elektrisch geworden und dadurch werde es im Sinne der positiven Elektricität fortgeführt. Nach Analogie dieser Erklärung fordert er auf, alle anderen Erscheinungen die er mittheilt, auf Contactelektricität zurückzuführen. Es ist nun zwar unser Experiment ein ganz anderes als das seine. Wir finden eine Ansammlung der Kork- oder Kohlentheilchen an der negativen, der Schwefeltheilchen an der positiven Kugel; aber die zu diesem Erfolg führende Wanderung geschieht offenbar im selben Sinne, wie sie Quincke in seinem capillaren Überführungsrohre beobachtete. Man könnte daher glauben, beiden Experimenten läge Contactelektricität zu Grunde und die Erklärung Quincke's lasse sich auch auf unsern Versuch ausdehnen. Wir wollen die Möglichkeit einer solchen Übertragung von Quincke's Erklärung auf unser Experiment nicht völlig leugnen; wir würden aber dann nichts destoweniger unser Experiment für das Fundamentalexperiment der Elektrolyse halten, und würden es gleichzeitig dazu benützen, zwischen der Elektrolyse und den Experimenten von Quincke ein Verbindungsglied herzustellen. Die Experimente Quincke's beabsichtigten, wie wir den Leser bitten, bei ihm selbst nachzulesen, die Fortführung des Wassers durch ein poröses Diaphragma im Sinne des positiven Stromes, welche Reuss, Wiedemann und Porret studirt hatten, unter Weglassung des Diaphragma's als elektrisches Phänomen zu bestätigen und gleichzeitig auf eine elektrische Theorie zurückzuführen. Nachdem schon Wiedemann, wie wir im vorigen Paragraph erwähnt haben, diese Phänomene in Verbindung mit der Elektrolyse gebracht hatte, so ist es auffallend, dass Quincke dies mit seinen Versuchen und Erklärungen nicht that. Unser Experiment vom vorigen Paragraphe scheint uns die dringendste Ermahnung in sich zu enthalten, nicht nur diesen Gedanken Wiedemann's nicht fallen

zu lassen, sondern ihn wesentlich zu erweitern. Könnte man also unser Phänomen durch den Contact der Schwefel- und Korktheilchen mit dem Terpentinöl erklären, so würden wir eine solche Erklärung für die Elektrolyse des Chlorzinks in Alkohol durch den Contact von Chlor und Zink mit Alkohol einer Erklärung durch die rein hypothetisch und willkürlich angenommene Contactelektricität der Bestandtheile einer chemischen Verbindung unter einander vorziehen. Von einer Contactelektricität letzterer Art haben wir nirgends einen Beweis, während man eine Elektricitätsentwickelung durch Contact zwischen endlichen Massen wenigstens nachgewiesen haben will.

Magnus hat in seinen elektrolytischen Untersuchungen (Pogg. Ann. Bd. 102, pag. 42) die Meinung ausgesprochen: dass es zur Erklärung der Elektrolyse nicht nöthig ist, dass die eben erwähnten Bestandtheile schon für sich die entgegengesetzten Elektricitäten besitzen, sondern nur dass sie in der Verbindung, in der sie sich befinden, „der eine der einen, der andere der andern Elektricität leichter folgt", wobei es Magnus ausdrücklich als dahin gestellt bezeichnet, ob die einzelnen Bestandtheile diese Fähigkeit nur durch ihre gegenseitige Berührung oder in irgend einer andern Weise erlangen.

Eine solche andere Weise scheint uns nun, wenn die Bestandtheile ihre Elektricität durch die Berührung mit der Umgebung erhalten. Eine andere solche Möglichkeit wäre, wenn sie unter der vertheilenden Wirkung der Elektroden sich so verhielten, dass sich in dem einen Bestandtheile die eine Elektricität, in dem andern Bestandtheile die andere Elektricität leichter verbreitet, wie sich nach den Büscheln und Lichtenberg'schen Figuren eine solche ungleiche Leichtigkeit der Verbreitung der einen und der andern Elektricität in den verschiedenen Gasen ergibt. Wir würden nun sowohl diese letztere Erklärung der elektrischen Zustände der elektrolytischen Bestandtheile als auch die Erklärung durch den Contact mit der Umgebung jedenfalls für wahrscheinlicher halten, als die Erklärung durch den Contact der Bestandtheile selbst oder gar durch eine natürliche Elektricität derselben. Namentlich würde die Erklärung durch den Contact mit der Umgebung die Eigenschaft haben, durch Einbeziehung der Quincke'schen Versuche unmittelbar der Fortführung der Flüssigkeiten, im Sinne des positiven Stromes zu genügen. Bewegen sich einmal die Flüssigkeiten, in welchen die

Elektrolyte sich gelöst befinden, so hat es, wie schon Wiedemann bemerkte, keine grossen Schwierigkeiten, jenen Concentrationsverhältnissen gerecht zu werden, welche Hittorf durch seine Wanderung der Jonen so künstlich erklären wollte. Das Verhalten von Jodkadmium in wässerigen und alkoholischen Lösungen konnte Hittorf ja nur durch die sehr unwahrscheinliche Annahme seiner Anschauung einreihen, dass das Lösungsmittel und die Concentration im Stande seien, die Zusammensetzung des Salzes selbst zu ändern. Es scheint daher die andere angedeutete Erklärung viel wahrscheinlicher. Es wäre demnach möglich in solcher Weise, indem man an dem Bilde unseres Experimentes vom vorigen Paragraphe festhält, sowohl die Haupt- als die Nebenerscheinungen der Elektrolyse durch eine solche Contacttheorie, wie wir sie eben angedeutet haben, zu erklären.

Jede Entstehung von Elektricität durch Contact setzt aber stillschweigend die Hypothese der zwei Flüssigkeiten oder eine ähnliche voraus, und indem wir als eigentliche Aufgabe der Physik betrachtet Alles auf Mechanik zurück zu führen, würde gerade eine solche Theorie sehr ferne der letzten Aufgabe stehen. Es scheint uns natürlicher und nützlicher, wenn es möglich ist, einfache mechanische Vorgänge statt solcher Hypothesen zu benützen und statt der Ausdehnung der Quincke'schen Erklärung auf unser Experiment lieber die Übertragung der im vorigen Paragraphe versuchten Erklärung auf die Quincke'schen Versuche zu unternehmen. Hierfür spricht nun namentlich eine Beobachtung, die wir schon im vorigen Paragraphe erwähnten und die sich auch bei reinem Terpentin- oder Olivenöl wiederholen lässt. Es geht nämlich das Öl vom negativen zum positiven Pol in der Mitte unseres Gefässes und an den Wänden vom positiven zum negativen Pol zurück. In seinem Überführungsrohre hatte Quincke gleichfalls das Terpentinöl in der Richtung der negativen Elektricität gehen gesehen und hat dies dem Contacte des Terpentinöles mit dem Glase zugeschrieben. Wir sehen nun in unserem Versuche das Terpentinöl im Contacte mit Terpentinöl in der von Quincke beobachteten Richtung gehen, dagegen im Contacte mit Glas in der entgegengesetzten. Es scheint daher die Art Contacttheorie, die er für seine Versuche aufstellt, für Terpentinöl durch diesen Versuch geradezu widerlegt, und nach der Regel, dass eine Induction durch einen bewiesenen Gegenfall aufge-

hoben ist, dürfte überhaupt seine Contacttheorie für die Fortführung aller Arten materieller Theilchen durch strömende Elektricität sehr unwahrscheinlich sein. Dann bleibt uns aber auch für diese Phänomene nur jene Erklärung übrig, die wir im vorigen Paragraphe unmittelbar auf unser Experiment angewendet haben. Wir nahmen an, dass die leitenden Theilchen zur negativen Kugel durch die Richtungscomponente im Sinne der positiven Elektricität getrieben werden, dagegen die isolirenden Theilchen zur positiven Kugel durch hydrostatischen Druck wandern. Indem wir nun noch die Reibung der Theilchen an einander und die Zwischenatome, welche ja schon die Absorption in den Flüssigkeiten nachweist, zu Hilfe nehmen, sehen wir deutlich die Möglichkeit vor uns, die Quincke'sche Fortführung materieller Theilchen auf denselben mechanischen Grundlagen erklären zu können. Wir halten diese Hypothese für um so berechtigter, weil sie völlig einer weitern Prüfung durch Experimente unterworfen werden kann, welche Prüfung wir selbst in nächster Zeit vorzunehmen gedenken.

Der aufmerksame Leser Quincke's wird uns entgegnen, dass der Einfluss der Röhrenwände, welchen Quincke beobachtete, nicht wie wir hier voraussetzen müssen, von der Leitungsfähigkeit der Wände abhängen könne, da Quincke den Widerstand des trockenen platinirten Thoncylinders sehr viel grösser fand als denjenigen, welchen die in seinen Poren enthaltene Wassermasse zeigte (Pogg. Ann. Bd. 113, pag. 549). Hierauf erwidern wir, dass an sehr feinen etwaigen Unterbrechungsstellen der Platinirung sich in einem Falle Luft, im andern Wasser befindet, was allein schon Zweifel an der Beweiskraft des Versuches in der beabsichtigten Richtung erweckt. Ferner wirkt auf die Überführung wahrscheinlich die Leitungsfähigkeit der Wand nicht blos durch Stromtheilung, wie Quincke am angeführten Orte zu meinen scheint, sondern auch durch eine völlig veränderte Vertheilung der Stromintensitätscurven im flüssigen Leiter und durch eine mehr oder weniger rasche Übertragung der elektrischen Zustände von Seite der Theilchen an die benachbarten Theilchen. Einen ähnlichen Einfluss umgebender Theilchen, wie wir hier zuletzt voraussetzen, nimmt auch schon Quincke in einem speciellen Falle an (Pogg. Ann. Bd. 113, pag. 590). Wir glauben daher einen solchen Einfluss auch den Theilchen der Röhrenwände zuschreiben zu dürfen. Es scheinen

uns daher die Versuche Quincke's über den Einfluss der Röhrenwände nicht zwischen der hier angedeuteten und der von Quincke aufgestellten Erklärung der Fortführung materieller Theilchen durch den elektrischen Strom zu entscheiden.

Einen andern Einwand gegen unsere Auffassung der Versuche Quincke's könnte man der Fortführung von Platin, Gold, Kupfer, Eisen, Graphit in der Richtung der negativen Elektricitätsströmung entnehmen, wenn die genannten Theilchen in destillirtem Wasser suspendirt sind. Schon Quincke macht aber aufmerksam, dass er unter sonst gleichen Umständen an grösseren Stärkekörnchen ihre eigene charakteristische Bewegung, an kleineren die der umgebenden Flüssigkeit wahrgenommen habe, und nähere Angaben über die Grösse der suspendirten Stäubchen von Gold, Platin etc. fehlen uns gänzlich. Ferner theilt Quincke mit, dass er beim Entladungsstrom der Leidner Batterie zahlreiche Luftbläschen sich von den Goldtheilchen abscheiden sah, die dann besonders deutlich zum positiven Pole übergeführt wurden. Es scheint uns daher möglich, dass die Überführungsrichtung der Goldtheilchen von den an ihnen haftenden Gastheilchen bestimmt wurde. Ferner muss man sowohl nach Grothuss als nach Clausius von Zersetzungen und Wiederverbindungen sprechen und man kennt weder Beschaffenheit noch Leitungsfähigkeit der momentan ausgeschiedenen Wasserstofftheilchen. Man weiss nur, dass man den Wasserstofftheilchen metallische Leitungsfähigkeit zuschreiben muss. Es ist also gerade der Fall vom suspendirten Metall in Wasser sowohl wegen der erst erwähnten Gastheilchen als auch wegen der momentanen Wasserstoffausscheidung ein besonders undurchsichtiger. Wir glauben daher in den ihn betreffenden Versuchen Quincke's zwar ein Problem der künftigen experimentellen Bearbeitung aber keine Widerlegung unserer Anschauungsweise erblicken zu sollen.

Leistet aber Quincke's Theorie beim Wasser gute Dienste, so bietet sie bei den Ölen um so grössere Schwierigkeiten. Wir haben schon darauf hingewiesen, dass Öl in einer grösseren Schale, in welche zwei Kugeln tauchen, in der Mitte dieselbe Bewegung zeigt, wie in dem capillaren Überführungsrohre Quincke's, und an den Glaswänden die entgegengesetzte, so dass in diesem Falle die Contacttheorie Quincke's uns im Stiche lässt. Was ferner die Bewegung der in Öl suspendirten Theilchen betrifft, so gestaltet

sich die Sache nicht besser. Schon bei Wasser schliesst Quincke auf die negative Contactelektricität sämmtlicher Theilchen und die positive des Wassers aus den hydroelektrischen Versuchen Faraday's, wo durch Dampf mitgeführte Wassertröpfchen vermittelst Reibung an Ausströmungsöffnungen aus verschiedenen Stoffen positiv elektrisch werden, ein Schluss, der völlig zweifelhaft erscheint. Noch weniger begründet ist es aber, wenn Quincke schliesst, weil in den Faraday'schen Versuchen Dampf und Wassertropfen, welche Terpentinöl mitführen, durch Reibung an den Ausströmungsöffnungen negativ elektrisch werden, müsse reines Terpentinöl im blossen Contacte mit den verschiedenen Stoffen (Schwefel ausgenommen) ebenfalls negativ elektrisch werden. Da wir bei unseren Versuchen in der Hauptsache das Verhalten von Olivenöl gleich dem von Terpentinöl fanden, wie z. B. Kohle in beiden die negative Kugel bedeckte, wäre es nur eine Anwendung von Quincke's Theorie, auch die Contactelektricität beider gleich anzunehmen. Übrigens dürften noch andere Gründe ein verwandtes elektrisches Verhalten beider erwarten lassen. Über den Contact der Metalle mit Olivenöl hat aber Peclet Versuche mitgetheilt und sie gegen Olivenöl negativ gefunden, also gerade entgegengesetzt, als es nach Quincke's Versuchen in Terpentinöl sein sollte. Quincke's Theorie dürfte also das Verhalten der Metalle in Ölen, das wohl wie das der Kohle in den verschiedenen Ölen das gleiche sein wird, noch viel schwieriger erklären können, als unsere das Verhalten der Metalle in destillirtem Wasser. Überträgt man aber überhaupt, wie Quincke thut, die Resultate Faraday's bezüglich der Hydroelektricität auf den Contact, so darf man doch nicht vergessen, dass bei trockenem Dampfe sowohl als bei trockener Luft Faraday auch vermittelst der heftigsten Reibungen keine Elektricitätsentwickelung erhielt, also gewiss eine Contactelektricität zwischen ruhender Luft oder ruhenden Gasen und anderen Körpern, die auch bis jetzt nie Jemand selbst mit dem besten Elektroskope wahrgenommen haben will, höchst unwahrscheinlich ist. Dagegen stimmt unsere Erklärung sehr gut mit den Versuchen, wo Luft- oder Gasbläschen bewegt wurden. Dass solche Bläschen isolirender sind als Wasser und besser leitend als Terpentinöl, entspricht bekannten Erfahrungen. Eben so ist es in Harmonie mit unserer Erklärung, dass Quincke den besser leitenden Wasserstoff weniger als den schlecht leitenden Sauerstoff

im Sinne der negativen Elektricitätsströmung fortgeführt zu sehen glaubte.

Wir haben übrigens diese längere Controverse keineswegs geführt, um der an schönen Experimenten so reichen Untersuchung Quincke's ihr Verdienst zu bestreiten, sondern nur nachzuweisen, warum wir glauben, dass gegenwärtig das grössere Gewicht der Wahrscheinlichkeitsgründe für die Ausdehnung der im vorigen Paragraphe entwickelten Gesichtspunkte auf Quincke's Versuche als für eine Erweiterung seiner Contacttheorie spricht. Eine Experimentaluntersuchung, deren Grundzüge sich aus unserer eben vollendeten Darlegung der Controverse von selbst ergeben, werden wir sobald als möglich anstellen, und in solcher Weise die Erfahrung selbst entscheiden lassen.

Jedenfalls glauben wir, dass die Berücksichtigung Quincke's in keinem Falle unsere Überzeugung zu erschüttern braucht, dass der Versuch mit Schwefel, Kohle und Kork in Terpentin- oder Olivenöl ein Fundamentalversuch für die Theorie der Elektrolyse ist; möge diese auf Contact, auf Vertheilung oder auf mechanische Fortführung und hydrostatischen Druck, wie wir glauben, gegründet werden. So viel scheint uns auch gewiss, dass eben durch das Vorhergehende die Basis gewonnen ist, auf rein experimentellem Wege unter Zuhilfenahme von directen Versuchen über Contactelektricität und Fortführung materieller Theilchen zur Feststellung einer dauernden Theorie der Elektrolyse zu gelangen.

Bedenkt man, dass die Contactelektricität zwischen Terpentin und Kork, oder Terpentin und Schwefel jedenfalls ausserordentlich schwach sein muss, wir dagegen sahen, dass bei der heftigsten Drehung einer grossen dreischeibigen Elektrisirmaschine die Kohlen-, Kork- und Schwefeltheilchen an den betreffenden Kugeln festgehalten wurden, also die heftigste Reibungselektricität bei einer Contacttheorie dieser Erscheinungen für schwächer als die Contactelektricität der Theilchen gehalten werden müsste, so sieht man, dass auch dieser Umstand einen neuen Wahrscheinlichkeitsgrund gibt, den hydrostatischen Druck hier zu Hilfe zu nehmen. Es scheint uns also das im vorigen Paragraphe mitgetheilte Experiment auf die dort angegebene Weise weitaus am natürlichsten erklärt: Die elektrische Entladung theilt sich zwischen den guten und schlechten Leitern im geraden Verhältniss der Leitungsfähigkeit, übt eine mecha-

nische Fortführung im Sinne der positiven Entladung aus, erweckt dadurch in den schlechteren Leitern eine entgegengesetzte Fortführung durch hydrostatischen Druck und lässt dadurch die guten Leiter an der negativen, die schlechten Leiter an der positiven Kugel angesammelt werden.

Indem man Chlorzink in Alkohol dazu benützt, um an dessen Bilde zu allen übrigen Elektrolysen fortzuschreiten, so findet man leicht begreiflich, dass die im vorigen Paragraphe beschriebenen Vorgänge die elektrischen Vorgänge der Elektrolyse im Allgemeinen darstellen. Da bei dieser Chlor und Zink als chemische Verbindung im Chlorzink und nicht als Gemenge wie Schwefel und Kork in die Flüssigkeit gebracht werden, so muss natürlich nach irgend einer Vorstellung über die gleichzeitig vorgehenden und wegen der einseitigen Ausscheidung der Stoffe nothwendigen Zersetzungen und Wiederverbindungen der elektrolytischen Bestandtheile gefragt werden. Obwohl wir glauben, dass auch die Grotthuss'sche Vorstellung mit den durch unser Experiment dargestellten elektrischen Vorgängen verträglich ist, so würde sich die Sache doch noch unendlich einfacher gestalten und dem Blicke sich durchsichtiger darstellen, wenn man die Annahme von Clausius und Williamsson zu Grunde legt. Diese Forscher nehmen nämlich an, dass in einem Aggregat von Molekülen einer Verbindung ein fortwährender vollständiger oder theilweiser Austausch ihrer Elemente stattfindet. Wir haben dann, wie schon Clausius bemerkt, bei der Elektrolyse nur anzunehmen, dass durch den Einfluss der Elektricität für die momentan freien Theile gewisse Richtungen vorherrschen. Dass dann für das eine Molekül z. B. Chlor die eine, für das andere Molekül z. B. Zink die andere Richtung bei der Elektrolyse einer Lösung von Chlorzink in Alkohol vorherrscht, würden wir ganz nach der Analogie jener Vorgänge auffassen, die wir an Schwefel und Kork in Terpentinöl wahrgenommen haben. Man ist überrascht, auf welche einfachen Grundlagen sich die Elektrochemie zurückführen lässt, wenn man die Constitution der Flüssigkeiten nach Clausius und unsere hier gegebene Erklärung des elektrischen Theiles der Vorgänge annimmt. Legt man nämlich die Vorstellungen von Clausius zu Grunde, so tritt die Elektricität in gar kein Verhältniss zur chemischen Verwandtschaft und hat solche nicht erst zu überwinden; und dann kann man nicht daran zweifeln, dass jene

Kraft, welche geeignet ist, Schwefel- und Korktheilchen in Terpentinöl an die Kugeln zu führen und dort festzuhalten, gewiss genügt, bei dem quantitativ viel stärkeren Voltastrome Chlor- und Zinktheilchen, die momentan frei sind, an die Elektroden zu führen und dort festzuhalten.

Man sieht sogleich, dass, was die Möglichkeit der Vorgänge betrifft, diese Auffassung vermöge der von ihr vorausgesetzten Flüssigkeitsbewegungen die Nebenvorgänge der Elektrolyse wie Fortführung der Flüssigkeiten durch Diaphragmen nach Wiedemann, oder Veränderung der Concentrationsgrade der Salzlösungen nach Hittorf eben so gut als den Hauptvorgang erklären kann. Obwohl es grosse Schwierigkeiten haben wird, eine Übereinstimmung zwischen qualitativ und quantitativ sicher gestellten Details dieser Nebenvorgänge und unserer Theorie zu constatiren, so werden wir doch der Wichtigkeit der Sache wegen keine Mühe scheuen, dahin zu gelangen.

Die für alle bisherigen Theorien so räthselhafte Verbesserung der Leitungsfähigkeit des destillirten Wassers durch Beimengung von isolirender wasserfreier Schwefelsäure vermag nach den hier entwickelten Grundsätzen zum ersten Male eine plausible, wenn auch noch nicht bewiesene Auslegung zu erhalten; auch diesen Punkt werden wir bei unseren künftigen Versuchen berücksichtigen.

Wir hoffen auch, dass es uns gelingen wird, Verbindungen von guten und schlechten Leitern, die ihres grossen Leitungswiderstandes wegen mit den bisherigen Hilfsmitteln nicht zersetzt werden konnten, mit Hilfe des grossen Inductionsapparates und Berücksichtigung unserer theoretischen Gesichtspunkte elektrolytisch in ihre Bestandtheile zu zersetzen.

Ist unsere Ansicht über die Elektrolyse richtig, so würden die elektro-positiven und elektro-negativen Körper aus der Elektrochemie gänzlich verschwinden können und das verschiedene elektrochemische Verhalten der Stoffe würde nur von einer andern Eigenschaft, ihrer Leitungsfähigkeit für Elektricität abhängen. Lässt sich der von Franz und Wiedemann für Metalle und ihre Legirungen bewiesene Satz ausdehnen, dass Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektricität proportional sind, so würde die Hoffnung gerechtfertigt sein, das gesammte elektrische und zum Theil auch das thermische Verhalten der Körper auf eine einzige Reihe von Verhältnisszahlen

zurückzuführen. Wenn man es als eine der Aufgaben der Physik und Chemie betrachtet, aus möglichst wenigen Eigenschaften der chemischen Stoffe ihre physikalischen Wirkungen herzuleiten, so muss eine solche Vereinfachung, wie sie eben angedeutet wurde, jedenfalls als wünschenswerth erscheinen.

Fassen wir nun noch einmal die Hauptresultate der vorliegenden Experimentaluntersuchung zusammen, so sind sie folgende:

1. Die von Brande beobachtete Neigung der gewöhnlichen Flamme zur negativen Kugel wird erläutert durch Versuche an den beiden elektrisirten Kugeln; an der positiven Kugel erhielt nämlich die Flamme die Form einer gegen die negative Kugel mit ihrer Spitze gewendeten Stichflamme, an der negativen Kugel schliesst sich die Flamme an dieselbe an und wendet eine abgerundete Ausbauchung gegen die positive Kugel. Daraus kann man schliessen, dass das Verhalten der Flamme gewisse, auch sonst bekannte Eigenthümlichkeiten der Entladung und nicht eine eigene Elektricität derselben verräth. Dies wird auch insbesondere bestätigt durch Versuche mit einer Alkoholflamme, die nach Hankel's Angabe unelektrisch sein musste. Das eigenthümliche Verhalten an den Kugeln zeigen auch Schwefel- und Phosphorflammen.

2. Schweflige, Benzoë-, so wie auch Phosphorsäure (letztere aber weniger entschieden) gehen zur positiven Kugel, wenn sie sich in der Verbindungslinie zwischen beiden Kugeln befinden. Steht die Flamme von Schwefelkohlenstoff so hoch, dass ihr leuchtender Theil schon höher als die Verbindungslinie zwischen beiden Kugeln ist, so zieht sich die schweflige Säure in der Regel zur positiven Kugel; der Gang der Versuche lässt diese Thatsache mit Wahrscheinlichkeit als Rückwirkung der durch die Entladung der Elektricität selbst nach der negativen Kugel geführten anderen materiellen Theilchen in Folge der Gesetze des aerostatischen Druckes erscheinen.

3. Da Brande in dem Verhalten der Flammen Fundamentalphänomene der Elektrolyse erblickt hatte, so versuchten wir unsere Auslegung für das Verhalten der Flammen auf die Erklärung der Elektrolyse auszudehnen. Es schien uns dies um so mehr begründet, als Brande bei russenden Flammen die negative Kugel mit Kohle bedeckt fand, und wir eine ähnliche Bedeckung mit Schwefel an der positiven Kugel bei Schwefelwasserstoff wahrzunehmen glaubten. Dieses veranlasste folgenden Hauptversuch: In Ter-

pentin- oder Olivenöl wurde ein Gemenge von feinen Kork- oder Kohlentheilchen mit Schwefeltheilchen durch Umrühren mit einem Glasstabe suspendirt; zwei elektrisirte Kugeln tauchten in das Öl; das Öl wurde gereinigt, die positive Kugel mit einer dicken und völlig reinen Schwefellage, die negative Kugel mit einem gleichfalls dicken und von Schwefel völlig reinen Kork- oder Kohlenüberzuge bedeckt. Theilung nach der Leitungsfähigkeit, positive Richtungscomponente und hydrostatischer Druck wurden als die Ursachen des beschriebenen elektrischen Vorganges nach Analogie des Verhaltens der Flamme aufgefasst. Durch den Vergleich dieses Vorganges mit der Elektrolyse von Chlorzink in Alkohol wurde die Auffassung des elektrischen Vorganges der Elektrolyse nach diesem Schema begründet. Besonders wahrscheinlich erschien diese Erklärung des elektrischen Vorganges der Elektrolyse, wenn man die Auffassung von Clausius für den chemischen Vorgang der Elektrolyse damit verband.

Zum Schlusse erlauben wir uns, den Dank für die uns zum Zwecke dieser Arbeit zu Gebote gestellten Mittel des physikalischen Institutes, dem Director desselben, dem Herrn Regierungsrathe R. v. Ettingshausen auszusprechen, vor dessen bedauerlicher Erkrankung wir bereits einen grossen Theil der Experimente vollendet hatten.

XXVI. SITZUNG VOM 13. NOVEMBER 1862.

Herr Hofrath W. Haidinger übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Die October-Feuermeteore in den Wiener Blättern 1862".

Das c. M., Herr Prof. Dr. Th. Wertheim in Gratz, dankt mit Schreiben vom 10. November l. J. für die ihm zum Behufe seiner Untersuchungen über das Coniin und Piperidin bewilligten 250 fl.

Das c. M., Herr Prof. Dr. Const. Ritter von Ettingshausen überreicht eine für die Denkschriften bestimmte Abhandlung: „Die Flächen-Skelete der Farnkräuter, ein Beitrag zur vergleichenden Phytotomie so wie zur Bestimmung der fossilen Pflanzen".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Impériale des Sciences, Arts et Belles - Lettres de Dijon, Mémoires. 2e Serie, Tome IXe. Année 1861. Dijon & Paris, 1862; 8°.

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei, Atti. Anno XIV. Tomo XIV. Sess. 4a—7a. Roma, 1861; Anno XV. Tomo XV. Sess. 1a—3a. Roma, 1862; 4°.

Akademie der Wissenschaften, königl. bayer., zu München, Sitzungsberichte, 1862. I. Heft 2 & 3. München; 8°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1386—1391. Altona, 1862; 4°.

Austria, XIV. Jahrgang, XLV. Heft. Wien, 1862; 8°.

Bibliothèque Universelle de Genève, Archives des sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XVe, No. 57. Genève, Lausanne, Neuchatel, 1862; 8°.

Cosmos, XIe Année, 21e Volume, 19e Livraison. Paris, 1862; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, Tome LV. No. 16 & 17. Paris, 1862; 8°.

Gesellschaft, Naturforschende, zu Emden, 47. Jahresbericht. Emden, 1862; 8°. — Kleine Schriften. IX. Emden, 1862; 4°.

Gesellschaft der Wissenschaften, königl. Sächsische, zu Leipzig, Abhandlungen. VI. Band. 2. & 3. Heft. Leipzig, 1862; kl. 4°. — Berichte über die Verhandlungen. Mathem.-phys. Classe. 1861. I. II. Leipzig, 1862; 8°.

— Schlesische, für vaterländische Cultur, 39. Jahresbericht. Breslau, 1862; 8°. — Abhandlungen. Abtheilung für Naturwissensch. und Medicin. 1861. Heft. 3; 1862. Heft. 1. Breslau; 8°.

Gewerbe-Verein, niederösterreichischer, Verhandlungen und Mittheilungen, Jahrgang 1861, 10. Heft. Wien; 8°.

Grunert, Joh. Aug., Archiv der Mathematik und Physik. 38. Theil. 4. Heft. Greifswald, 1862; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer. Band XVIII. Heft 2 & 3. Heidelberg, 1862; 8°.

Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. Von Herm. Kopp und Heinr. Will. Für 1861. I. Hälfte. Giessen, 1862; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung, XII. Jahrg., Nr. 32. Wien, 1862; kl. 4°.

Lesehalle der deutschen Studenten zu Prag. 1848 — 1862. Prag, 1862; 8°.

Maak, Richard von, Reise nach dem Amur, unternommen 1855 auf Veranlassung der sibirischen Abtheilung der k. russ. geogr. Gesellschaft. Mit einem Atlas von 36 Tafeln. Petersburg, 1859; 4° & Folio. — Reise nach dem Flussthale von Usur, unternommen auf Veranlassung der k. russ. geogr. Gesellschaft. Band I & II. Petersburg, 1861; 4°. (Russisch.)

Mayr, Gust. L., Myrmekologische Studien. (Verhandlungen der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien. 1862.) Wien, 1862; 8°.

Mémoirs of the Geological Survey of India. *Palaeontologia Indica.* 1. The Fossil Cephalopoda of the Cretaceous Rocks of Southern India. By H. F. Blanford. Calcutta, 1861; 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt, Jahrgang 1862, X. Heft. Gotha; 4°.

Perrey, Alexis, Notes sur les tremblements de terre en 1858 et 1859, avec suppléments pour les années antérieures. (Extraits du t. XII. des Mém. couronnés et autres Mém. de l'Acad. R. de Belgique, en 8° et du t. XIII. des Mém. de la même Acad.) 8°.

Prestel, M. A. F., Die mit der Höhe zunehmende Temperatur als Function der Windesrichtung. Mit 3 Figuren. (Verhandlungen der K. L. - C. D. A. Band XXIX.) Jena, 1861; 4°.

Regnault, V., Relation des expériences entreprises par ordre de S. E. M. le Ministre des travaux publics etc. pour déterminer les lois et les données physiques nécessaires au calcul des machines à feu. Tome II. Paris, 1862; 4°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. VIe Année. No. 6. Constantinople, 1862; 4°.

Société Provinciale des Arts et Sciences d'Utrecht, Programme. 1862—63.

Society, The Royal—, of London, Philosophical Transactions for the Year 1861. Vol. 151. Part 1 — 3. London, 1861 — 62; 4°. — Proceedings. Vol. XII. No. 49. London, 1862; 8°. — Morgan, Aug. de, Contents of the Correspondence of Scientific Men of the seventeenth Century, printed at the University Press. Oxford in 2 Volums Octavo, 1841. Oxford, 1862; 8°.

— The Chemical—, Journal. Vol. XV. 5—9. No. LXI—LXV. London, 1862; 8°.

— The Royal Dublin —, Journal. Vol. III. No. 24 — 25. Dublin, 1862; 8°.

Vierteljahresschrift für wissenschaftliche Veterinärkunde. XVIII. Band, 2. Heft. (Jahrgang 1862. IV.) Wien, 1862; 8°.

Wiener medicinische Wochenschrift. XII. Jahrgang, Nr. 45. Wien, 1862; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft. X. Jahrgang. Nr. 21. Gratz, 1861; 4°.

Zeitschrift für Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Emil Erlenmeyer. V. Jahrgang. Heft 19. Heidelberg, 1862; 8°.

Die October-Feuermeteore in den Wiener Blättern 1862.

Von dem w. M. W. Haidinger.

Seit dem Meteoritenfalle von Gorukpur am 12. Mai 1861, über welchen ich in unserer Sitzung am 15. Mai 1862 Nachricht gab, verzeichneten wir keinen neuen Fall von Meteoriten. Um so lebhafter regt sich nun unsere Theilnahme bei den Berichten über Feuermeteore, die so vielfältig Fälle im Gefolge haben, aber so oft auch nur aus Erscheinungen bestehen, von welchen man annehmen muss, dass sie ohne erweislichen Fall verliefen, sei es dass die Masse von zu unbedeutender Grösse war, um aufgefunden zu werden, sei es dass sie unsere Atmosphäre in der höhern von der Bewegung der Erde um ihre Axe unabhängigen Schale, oder in den tieferen dem Erdkörper in seiner Bewegung folgenden Schichten nur durchschnitten und in den Weltraum zurückgekehrt sind.

Lebhaft fanden wir uns in diesem letzten Jahresabschnitte durch den Besuch von zwei der ersten jetzt lebenden Meteoritenforscher und Sammler angeregt, der Herren Prof. Charles Upham Shepard von New Haven in Nordamerika und Robert Phillips Greg von Manchester.

I. Wien. Es war am 3. October, dem Tage der Ankunft des letzteren in Wien, dass Herr Heinrich Wolf von der k. k. geologischen Reichsanstalt vom Kohlmarkte aus um 7 Uhr 35 Minuten in südwestlicher Richtung gegen die k. k. Hofburg zu hinsehend, ein Meteor erblickte, das in einer Höhe von etwa 34° von der südlichen gegen die westliche Seite zog. Ich verdanke Herrn Wolf eine graphische Darstellung in der Art, wie ich sie aus Veranlassung der afrikanischen Reise des Herrn v. Heuglin (Sitzungsberichte 1861, Bd. XLIII, 7. Febr.) empfohlen hatte. Mit der genauen Erinnerung

der Stelle und der Richtungen, in welchen er sie gesehen, verglich Herr Wolf am nächsten Tage die örtliche Lage und bestimmte Anfangs- und Endpunkt auf S. 34° W. bei einer Höhe von 34°, und S. 45° W. bei einer Höhe von 33°, so dass die Bahnlinie, gegen W. fallend einen Winkel von etwa 15 — 20° mit der Horizontallinie einschloss. Dies war indessen nur ein Stück der ganzen Bahnlinie, zu beiden Seiten in der Ansicht von Häusern begrenzt.

Übrigens war das Meteor kreisrund mit etwa $^1/_5$ des Monddurchmessers (6 Minuten), hellgelb in der Mitte, gegen den Umkreis dunkler, grünlich. Lichtschweif von etwa einem halben Grad des Gesichtskreises Länge. Dauer weniger als eine Secunde.

In dem Blatte der Wiener Zeitung Tagesbericht vom 10. October, hatte der Correspondent C. diese Nachricht mitgetheilt. Ein anderer Herr W. Wolf gab eine übereinstimmende Nachricht in dem Blatte vom 12. October. Die Länge der Bahn wird auf 20 — 25° geschätzt, die Zeit auf zwei Secunden. Die Stellung des Beobachters war vor dem äusseren Burgthore, die Orientirung aus dem Hercules langsam gegen WNW. abwärts gesenkt; $^1/_5$ — $^1/_4$ des Monddurchmessers, gelbgrün, Lichtschweif, an der Stelle des Verschwindens eine Secunde lang schwacher Lichtschein.

Angenommen die senkrechte Höhe des Meteors habe 10 Meilen betragen und die horizontale Entfernung davon 15 Meilen, was wohl viel weniger als die wirkliche ist, so ging der Zug desselben etwa in der Richtung über Bruck gegen Salzburg zu, was freilich nur sehr ungefähr annähernd sein kann, und wobei einem eigentlichen Fallen der Bahn keine Rechnung getragen wird, da man doch nur eine einzige Projection der Lichtlinie auf der Ebene hat, auf welcher die Gesichtslinie senkrecht steht. Wahrscheinlicher noch ging der Zug höher und in mehr südlicher Lage von OSO. nach WNW., was allerdings Hoffnung darbietet, dass das Meteor auch in den westlich vorliegenden Gegenden beobachtet worden sein mag.

Dies war indessen nur Ein Meteor. Lebhafter ging es am 15. und 16. October zu. Da lasen wir von drei Meteoren bei Rothneusiedel, einem bei Prag, dreien von Brorsen in Senftenberg beobachtet. Aber nirgends waren eigentliche Beobachtungen in den Blättern verzeichnet, sondern nur summarische Berichte, aus welchen keine Zusammenstellung mit wirklichen Beobachtungen einen Gewinn ziehen konnte. Es ist mir gelungen, von allen dreien dieser

Erscheinungen doch etwas nähere Angaben aufzusammeln, welche sie als Vergleichspunkte anwendbarer machen.

2. Rothneusiedel. Das Abendblatt der Wiener Zeitung vom 17. October brachte den Artikel D. B.: „Drei Meteore waren in vergangener Nacht (16. October) zwischen Simmering und Rothneusiedel sichtbar. Sie erschienen zwischen 9 und 10 Uhr in kurzen Zwischenräumen nach einander. Sie hatten die doppelte Grösse des Vollmondes und spielten in den Farben des Regenbogens; das zweite dieser Meteore, welches in einer Höhe von 6 Fuss über der Erde zerplatzte, zog einen 5 Klafter langen Schweif nach sich. Das dritte zog über die Erde in wagrechter Richtung etwas über 400 Fuss weit fort, und zerstob dann in Millionen Funken".

Der Augenzeuge dieser Erscheinung, Herr Franz Schuler von St. Michael bei Leoben in Steiermark, der mir seinen freundlichen Besuch durch die Vermittlung der Herren Kaiserlichen Rath Dr. L. Schweitzer und Prof. K. Winternitz schenkte, gab wenigstens in Bezug auf den Standort und auf die Weltgegend in der die Meteore sichtbar wurden, die gewünschte Auskunft. Er selbst stand etwas nördlich von Rothneusiedel, und blickte in südöstlicher Richtung hin, die Meteore bewegten sich scheinbar von NO. gegen SW., und zwar in so geringer Höhe und scheinbar so ganz nahe, dass sie in unmittelbarer Nachbarschaft des Beobachters sich zu bewegen und zu erlöschen schienen.

Zwei der Meteore folgten sich in der kurzen Zwischenzeit von wenigen, etwa acht Secunden.

Die Angaben blieben mir allerdings räthselhaft, so dass ich nicht wage sie mit den Erscheinungen zu vergleichen, welche uns aus dem Reiche der gewohnten Beobachtungen vorliegen.

3. Prag. Die Wiener Zeitung vom 19. October brachte Folgendes:

„In Prag wurde am 15. d. M. um 9 Uhr 24 Minuten Abends ein prachtvolles Meteor beobachtet, eine grünliche stark strahlende Feuerkugel, die langsam und einen sehr langen Feuerstreifen zurücklassend, etwa 10 Klafter über den Häusern sich von NO. kommend, fortbewegte."

Ein Augenzeuge war nicht genannt, ein anderes Blatt, aus dem die Nachricht entlehnt wäre, auch nicht, so bat ich meinen hochgeehrten Gönner und Freund, Herrn Dr. J. B. Böhm, Director der

k. k. Universitäts-Sternwarte in Prag, wo möglich um freundliche Vermittlung und Auskunft. Er entsprach meiner Bitte auf das Zuvorkommendste, wofür ich ihm meinen verbindlichsten Dank darbringe.

Herrn Dr. Böhm gelang es in der That den Augenzeugen in der Person des Herrn Joseph Wladimir Müller, frühern ersten k. k. Comitats-Commissär in Neusohl, zu ermitteln, und von diesem die vollständige Bahn des Meteors zu erheben, indem sich die Herren wieder an den Beobachtungsort verfügten und die genauen Orientirungen nahmen.

Das Meteor zog in seiner Bahn am nordnordwestlichen Himmelsraume, N. 40° O., Höhe 19° bis S. 80° W. Höhe 10° nieder, durch eine Azimuthal-Entfernung von nicht weniger als 150°.

Nähme man auch hier eine Höhe von 10 Meilen etwa in der Mitte der Bahn an, so könnte das Meteor etwa über Dresden oder noch entfernter in NW. seinen Zug aus NO. und SW. genommen haben, so dass wohl noch Hoffnungen auf nähere Beobachtungen vorhanden sein dürften. Eine scheinbare Grösse war nicht angegeben.

4. Senftenberg. Wiener Zeitung, Tagesbericht 29. October: „Fr. Von dem unermüdlich thätigen Beobachter zu Senftenberg in Böhmen, Herrn Theodor Brorsen, wurden am 15. d. M. Abends binnen einer halben Stunde nicht weniger als drei helle Feuerkugeln und mehrere grosse Sternschnuppen beobachtet. Von den Feuerkugeln erschien die erste um 9 Uhr 1 Minute, die zweite um 9 Uhr 14 Minuten und die dritte um 9 Uhr 30 Minuten Senftenberger Zeit. Ihr scheinbarer Durchmesser betrug 4—6 Minuten".

Hier ist die Hauptsache der Beobachtung des trefflichen Astronomen mitgetheilt durch einen hochverdienten Meteorologen, und doch fehlt jeder Anhaltspunkt zur Vergleichung. Aber es war doch der Augenzeuge genannt. So konnte ich mich unmittelbar um Weiteres an Herrn Dr. Brorsen selbst wenden, dem ich namentlich zu dem lebhaftesten Danke für freundliche Aufnahme und Unterstützung unserer Herren Geologen Wolf und Paul bei ihren diesjährigen Sommeraufnahmen bereits verpflichtet war, und der mir auch jetzt die gewünschte Auskunft mittheilte, in folgendem Auszuge aus dem meteorologischen Schema, eine Stunde nach der Beobachtung niedergeschrieben.

„October 15. Noch nie habe ich in so kurzem Zeitraume drei helle Feuerkugelsternschnuppen gesehen wie heute Abends der Fall war. Die erste um 9 Uhr 1 Minute mittlerer Senftenberger Zeit aus der Richtung vom Perseus her gegen die Füsse des grossen Bären hin, wo sie erlosch. Grösse ungefähr 6 — 8 Minuten im Durchmesser, Farbe glänzend grünlichblau, beim Erlöschen in's Röthliche übergehend. Dauer 2 — 3 Secunden. — Die zweite um 9 Uhr 14 Minuten mittlere Zeit vom Siebengestirn gegen den Walfisch hin, in der Richtung vom Perseus her, Durchmesser gegen 5 Minuten, Glanz und Farbe wie bei der vorigen, sie zerstob in dunkelrothe Funken; Dauer wie bei der vorigen, eher etwas kürzer. — Die dritte um 9 Uhr 30 Minuten mittlerer Zeit vom Polarstern her an der Leier westlich vorbei gegen den südwestlichen Horizont, Farbe wie bei der vorigen mit einem sehr langen, einige Secunden bleibenden rothen Funkenschweif. Durchmesser gegen 4 Minuten, Dauer 2 — 3 Secunden. — Dazwischen fielen noch einige helle Sternschnuppen am Horizont (im Osten). Bis 10 Uhr 30 Minuten sah ich keine Erscheinungen mehr. Zwischen 6 Uhr 30 Minuten und 9 Uhr 0 Minuten drehte sich der Wind von NO=O5 (Hälfte der grössten Stärke) nach SO_2S5."

Herr Dr. Brorsen fügt noch Einiges aus dem Gedächtnisse bei, wobei er indessen bemerkt, dass es doch nicht auf die Schärfe der oben aufgezeichneten Beobachtungen Anspruch mache, namentlich auch, weil er auf einem abendlichen Spaziergange begriffen, fast jedesmal dem eigentlichen ersten Aufleuchten des Meteors den Rücken zugekehrt hatte: „Die Meteore hatten eine so täuschende Ähnlichkeit mit gewöhnlichen Leuchtkugeln, dass ich das erste derselben, welches die ganze Gegend hell erleuchtete, im ersten Momente für eine solche ansah. Sie schienen mir sämmtlich von dem bekannten Ausgangspunkte im Perseus nach Prof. Heis' Bestimmung auszugehen; das dritte derselben, das lichtschwächste durchlief über einen Quadranten des grössten Kreises, wahrscheinlich weil unser Gesichtshalbmesser auf deren durchlaufener Bahn mehr ein senkrechter war. Keine Spur von Geräusch war bei irgend einem unter ihnen bemerklich. Nach einer ganz rohen Schätzung waren die Ausgangs- und Endpunkte folgende:

	Ausgangspunkt.				Endpunkt.			
1. Meteor,	9 U.	1 M.:	4 U.	0 M.	AR + 50°	Decl.	9 U. 30 M.	AR + 55° Decl.
2. „	9 „	14 „	3 „	20 „	„ + 25	„	3 „ 0 „	„ + 5 „
3. „	9 „	30 „	0 „	0 „	„ + 80	„	17 „ 20 „	„ + 5 „

Die geographische Lage Senftenbergs ist folgende: $0^h\ 12^m\ 15^s$ östlich von Berlin [1]) + 50° 5′ Breite, Höhe über der Meeresfläche 1300 Pariser Fuss.

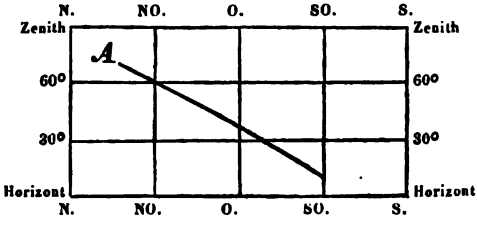
Die Erscheinungen sind hier zwar vollständig astronomisch orientirt, doch vermisste ich noch die geographische Orientirung. Ich trug daher jene in eine Himmelskarte ein und verfolgte die Lage für einen Punkt auf 50° nördlicher Breite auf die Zeit der Erscheinung am 15. October 9 Uhr 30 Minuten, freilich ebenfalls nur nach höchst roher Schätzung fände sich da für das dritte Meteor eine Bahn am nordwestlichen Himmel von N. 5° O. in 60° Höhe bis zu S. 75° W. in 10° Höhe durch ein Azimuth von 110°. Sie ist wohl nicht mit der Beobachtung von Prag in Übereinstimmung zu bringen.

5. Troppau. Noch am 27. October bringt uns der Tagesbericht der Wiener Zeitung vom 11. November Nachricht über ein, um 6 Uhr 30 Minuten Abends, von dem Correspondenten Fr. mitgetheilt aus der Beobachtung von Herrn M. J. v. Schickh, Correspondenten der k. k. meteorologischen Centralanstalt gesehenes Meteor. Von Troppau in westlicher Richtung über Tiefengrund und Wiškowic nach dem Schlosse Schlattau zu, erblickte derselbe das Meteor gerade vor sich am westlichen Himmel in etwa 40° Höhe, mit wagrechter dem Zuge von S. nach N.; nur die Länge der Bahn fehlt.

Mein Zweck bei der heutigen Mittheilung war wieder einmal bei dem Wunsche zu verweilen, es möchte doch vielen Freunden dieser Naturerscheinungen, auf welche sich dieselbe bezieht, gefallen, ihre Beobachtungen in den Tagesblättern mitzutheilen. Nichts ist leichter. Ein vollständiges Bild der Bahn ist gegeben, wenn man Azimuth und Höhe des Anfangs und des Endes derselben bezeichnet. Möchte man sich doch nur mit dem Winkel begnügen, und sie nicht unmittelbar mit Schätzungen von Entfernungen namentlich mit terrestrischen Gegenständen vermengen. Genaue Angaben auch der ersten sind allerdings nicht erreichbar, wohl aber gute Schätzungen,

[1]) Nach Arago (Astronomie. Bd. 3) 14° 7′ 15″ östlich in Graden, 58′ 29″ früher in Zeit als Paris.

welche die verschiedenen Beobachtungen eines und desselben Meteors vergleichbar machen. Die geographische Orientirung nach den Höhen und Weltgegenden, wie sie hier gewünscht wird, liegt namentlich im Interesse jener Meteore, welche Meteoriten geben, oder aus welchen man solche erwarten kann. Bei Tageszeit sind sie wohl die einzigen unmittelbar zu erreichenden; aber es wäre wünschenswerth auch bei Sternenhimmel, wo astronomische Orientirungen so einladend sind, doch auch die geographischen nicht zu vernachlässigen. Namentlich möchte es manchem Beobachter Erleichterung gewähren, die Bahnen der Meteore in Tafeln einzuzeichnen, wie die oben erwähnten, und wie ich sie hier wieder vorlege.



Die Grösse der Meteore wird am leichtesten im Vergleiche mit der Grösse des Vollmondes geschätzt.

Vielleicht wird man einzelne der heute aufgezählten October-Meteore einer grösseren Aufmerksamkeit durch Aufsammlung mehrerer Daten würdigen. Ich glaubte in der Zusammenstellung derselben einige Anregung vorzubereiten, welche immer wünschenswerth ist.

XXVII. SITZUNG VOM 20. NOVEMBER 1862.

Herr Professor R. Clausius in Zürich übersendet eine Notiz „über Molecularbewegungen in gasförmigen Körpern".

Das c. M., Herr Dr. J. Stefan überreicht die zweite Abtheilung seiner Abhandlung „über die Bewegung flüssiger Körper".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annalen der Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Friedr. Wöhler, J. Liebig und Herm. Kopp. N. R. Band XLVII, Heft 3; Band XLVIII, Heft 1; II. Supplementband, 1. Heft Leipzig und Heidelberg, 1862; 8°.

Archiv für die holländischen Beiträge zur Natur- und Heilkunde. Band III, Heft 2. Utrecht, Paris, Leipzig und London, 1862; 8°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1392. Altona, 1862; 4°.

Austria, XIV. Jahrgang, XLVI. Heft. Wien, 1862; 8°.

Bonatti, Vicenzo, Astronomia naturale. Sulla causa delle Stagioni, Corollarii etc. (Continuazione.) Adria, 1862. Fol.

Canestrini, Giov., J. Blennini Anarrhichadini e Callionimini del golfo di Genova. (Con 4 tavole.) (Extr. dall' Arch. per la Zoolog. Vol. II. Fasc. 1.) 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, Tome LV. No. 18. Paris, 1862; 4°.

Cosmos, XIe Année, 21e Volume, 20e Livraison. Paris, 1862; 8°.

Cotta, B. v., Über Gesteine und deren Entstehung. 8°.

Czyrnianski, Dalsze rozwinięcie Teoryi tworzenia się Połaczeń chemicznych na podstawie ruchu wirowego Atomów. W Krakowie, 1862; 8°.

Donders, F. C., Astigmatisme en cilindrische Glazen. Utrecht & Amsterdam, 1862; 4°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien, Mittheilungen. V. Jahrgang, 1861. Wien; gr. 8°.

Gloesener, Traité général des applications de l'électricité. Tome Ier. Paris & Liege, 1861; 8°.

Mortillet, Gabriel de, Carte des anciens glaciers du versant italien des Alpes. (Dal Vol. III. degli Atti d. Soc. Ital. di Scienze Naturali in Milano.) 8°. — Annexion à la Faune Malacologique de France. (Extr. de la Revue Savoisienne. No. de Février 1861.) 8°. — Notes géologiques sur la Savoie I, II, III. (Extr. de la Revue Savoisienne No. de Novembre 1860 et de Mars 1861.) 8°.

Mühry, A., Klimatographische Übersicht der Erde, in einer Sammlung authentischer Berichte mit hinzugefügten Anmerkungen, zu wissenschaftlichem und praktischem Gebrauch. Mit einem Appendix und 3 Karten-Skizzen in Holzschnitt. Leipzig und Heidelberg, 1862; 8°.

Musset, Ch., Nouvelles recherches expérimentales sur l'hétérogénie ou génération spontanée. (Thèse pour le Doctorat ès sciences naturelles.) Toulouse, 1862; 4°. — Réfutation de l'une des expériences capitales de M. Pasteur, suivie d'études physiologiques sur l'hétérogénie. Par M. M. N. Joly et Ch. Musset. (Extr. du Moniteur scientifique.) 4°.

Pringsheim, N., Beiträge zur Morphologie der Meeres-Algen. (Abhandlungen der Königl. Akad. der Wissenschaften zu Berlin 1861.) Mit 8 Tafeln. Berlin, 1862; 4°.

Schönfeld, E., Astronomische Beobachtungen auf der grossherzogl. Sternwarte zu Mannheim. I. Abtheilung. Mannheim, 1862; 4°.

Société géologique de France, Bulletin. 2e Serie. Tome XIXe, Feuilles 33—45. Paris, 1861 à 1862; 8°.

Vereeniging, Natuurkundige, in Nederlandsch Indië, Verhandelingen. Vol. V; Vol. VI. (Series nova Vol. I.) Batavia, 1859; 4°. — Natuurkundige Tijdschrift voor Nederlandsch Indië. Deel XVIII & XIX. (Vierde Serie Deel IV & V.) Batavia, 1859; 8°.

Wiener medicinische Wochenschrift, XII. Jahrgang, Nr. 46. Wien, 1862; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft, XII. Jahrgang, Nr. 2. Gratz, 1862; 4°.

Wolf, Rudolph, Mittheilungen über die Sonnenflecken. XIII & XIV, December 1861 und August 1862; 4°.

Über die Molecularbewegungen in gasförmigen Körpern.

Von R. Clausius.

Im diesjährigen Märzhefte der Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, S. 357, befindet sich eine Abhandlung von K. Puschl über den Wärmezustand der Gase, in welcher einige Einwendungen erhoben werden gegen die von verschiedenen Autoren ausgesprochene und auch von mir verfochtene und in ihren Consequenzen entwickelte Hypothese, dass die Moleküle eines Gases sich in fortschreitenden Bewegungen befinden, welche nach allen möglichen Richtungen stattfinden, und deren jede so lange unverändert fortdauert, bis das Molekül durch Anstoss an ein anderes Molekül oder an eine feste Wand eine Änderung seiner Bewegung erleidet und dass die lebendige Kraft der Molecularbewegungen dasjenige ist, was wir die Wärme des Gases nennen.

Zuerst wird ein schon von mehreren Seiten gemachter Einwurf wiederholt, nämlich der, dass diese Hypothese mit dem schlechten Wärmeleitungsvermögen der Gase im Widerspruche stehe, indem bei der vorausgesetzten Bewegung der Moleküle eine so schnelle Ausbreitung der Wärme stattfinden müsse, dass locale Temperaturen in einer Gasmasse gar nicht bestehen könnten. Da dieser Einwurf auf den ersten Blick vielleicht einige Wahrscheinlichkeit für sich haben kann, so habe ich mich veranlasst gesehen, in einer ziemlich ausgedehnten Abhandlung (Pogg. Ann. Bd. CXV, S. 1) die Wärmeleitung der Gase unter Zugrundelegung der erwähnten Hypothese zu behandeln und habe gezeigt, dass der Einwurf durchaus unrichtig ist, indem die Wärmeleitung, welche man bei näherer Betrachtung findet, eine ausserordentlich geringe ist, ganz so wie es der Erfahrung entspricht.

Ferner wird als Argument gegen die Hypothese angeführt, dass in strömenden Gasen stellenweise mit Verbrauch von Bewegung Wärme, und umgekehrt mit Verbrauch von Wärme Bewegung erzeugt werden kann und es wird gesagt, diese Beobachtung scheine

für die angenommene Identität von Wärme und progressiver Bewegung der Gastheilchen vernichtend zu sein. Ich muss gestehen, dass ich diesen Einwurf nicht recht verstehe, da ich die progressive Bewegung, welche ein Körper als Ganzes hat, nicht als identisch mit der Wärme bezeichnet habe, sondern nur diejenige Bewegung, welche die einzelnen Moleküle für sich haben, und welche in unregelmässiger Weise nach den verschiedensten Richtungen stattfindet, so dass keine Richtung als die überwiegende zu bezeichnen ist.

Endlich wird mir ein Fehler in meiner mathematischen Entwickelung vorgeworfen, indem von einem der wichtigsten Resultate gesagt wird, dass ich zu demselben nur „durch eine offenbar unrichtige Vorstellung“ gelangt sei. Ich habe nämlich den Druck, welchen eine feste Wand von einem angrenzenden Gase erleidet, durch folgende Schlüsse bestimmt. Wenn ein Molekül mit der Geschwindigkeit u und in einer Richtung, welche mit der Normale den Winkel ϑ bildet, gegen die Wand fliegt und mit derselben Geschwindigkeit und unter demselben Winkel wieder abprallt, so besteht die von der Wand auf das Molekül ausgeübte Wirkung darin, dass sie ihm in der Richtung der Normale in dem einen Sinne die Geschwindigkeit

$$u \cos \vartheta$$

entzieht, und im anderen Sinne dieselbe Geschwindigkeit wieder mittheilt, oder was dasselbe ist, dass sie ihm im letzteren Sinne die Geschwindigkeit

$$2u \cos \vartheta$$

mittheilt. Die Bewegungsgrösse, welche das Molekül durch die Einwirkung der Wand während des Stosses in der Richtung der Normale erhält, ist daher, wenn m die Masse des Moleküls bedeutet, gleich

$$2mu \cos \vartheta.$$

Demgemäss muss eine als frei beweglich vorausgesetzte Wand, um durch die Stösse der Moleküle nicht in Bewegung gesetzt zu werden, eine Gegenkraft erleiden, deren Grösse dadurch bestimmt wird, dass sie der Wand jene an die Moleküle abgegebene Bewegungsgrösse, welche für jedes Molekül

$$2mu \cos \vartheta$$

beträgt, zu ersetzen hat. Herr Puschl meint nun, diese Rechnung sei unrichtig und man dürfe die Gegenkraft, welche die Wand

erleiden muss, nur halb so gross rechnen. Um sich das Wesentliche dieser Frage klar zu machen, kann man einen noch etwas einfacheren und anschaulicheren Fall zur Betrachtung wählen. Man denke sich, dass eine elastische Kugel A mit der Geschwindigkeit u central gegen eine andere in Ruhe befindliche elastische Kugel B fliege und bestimme dann die Bewegungsgrösse, welche man der Kugel B gleichzeitig in der entgegengesetzten Richtung mittheilen muss, damit sie durch den Stoss nicht in Bewegung geräth, sondern vielmehr die Kugel A mit derselben Geschwindigkeit u mit der sie gekommen ist, wieder zurückprallt. Es fragt sich, ob diese Bewegungsgrösse durch $2mu$ oder durch mu dargestellt wird. Da diese Frage ihre Beantwortung in den ersten Grundprincipien der Mechanik findet, so halte ich es für unnöthig, hier auf eine weitere Erörterung derselben einzugehen und glaube vielmehr, die Entscheidung einfach den Lesern überlassen zu können.

Die Licht-Intensitäts-Curven auf krummen Flächen.

Von **Friedrich Kammerer.**

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 3. April 1862.)

In vollständig ausgeführten geometrischen Zeichnungen werden krumme Flächen gewöhnlich durch das Aufsetzen verschiedener Farbentöne kenntlich gemacht; diese gewiss zweckmässige Methode veranlasste zunächst die Betrachtung der sogenannten Licht-Intensitäts-Curven.

Wir vermissen aber zur Zeit noch eine allgemeine und strenge Behandlung dieses Gegenstandes; die gesetzmässige Vertheilung der Intensitäts-Curven selbst in einfachen Fällen und die Construction derselben in complicirteren Fällen sind gleichfalls noch unerörtert.

Die vorliegenden Blätter mögen als ein Versuch angesehen werden, das Fehlende in dieser Beziehung zu ergänzen.

Der Grad der Helligkeit (die Beleuchtungs-Intensität) eines gegebenen Flächen-Elementes ist den Lehren der Physik zufolge abhängig von der Entfernung der Lichtquelle und von dem Sinus des Winkels, unter welchem der Lichtstrahl auf das Flächen-Element fällt.

Setzen wir Sonnen-Beleuchtung voraus, so werden die Lichtstrahlen parallel — wie man sie in geometrischen Zeichnungen gewöhnlich annimmt — und der Sinus des Winkels, den der einfallende Lichtstrahl mit dem gegebenen Flächen-Elemente bildet, ist sodann allein das Mass der Beleuchtungs-Intensität.

Wäre nun irgend eine krumme Fläche *A B C D* (Taf. I, Fig. 1) und die Richtung *L S* des einfallenden Lichtes gegeben und wollte man sich etwa mit sechs Farbentönen begnügen, so beobachten wir folgendes Verfahren:

Wir bestimmen zuerst jenes Element H der Fläche, welches auf dem Lichtstrahle $L\,S$ senkrecht steht; offenbar wird das besagte Element die grösste Helligkeit besitzen und wir können diese zur Einheit der Beleuchtungs- Intensitäten wählen.

Beschreiben wir mit einem beliebigen Halbmesser den Quadranten $h\,o\,q$ (Fig. 1 *a*), so müssen wir folgerichtig den sinus totus $h\,o$ als Mass der Helligkeit, welche dem Elemente H zukommt, gelten lassen.

Theilen wir die Länge $h\,o$ in fünf gleiche Theile, ziehen wir die Geraden (1) 1 (2) 2, ... parallel zum Radius $o\,q$ und zeichnen wir die Winkel $1\,oq = \alpha_1$, $2\,oq = \alpha_2$, . . . so ergibt sich wegen $h\,o = 1$ offenbar sin $\alpha_1 = 0{\cdot}8$, sin $\alpha_2 = 0{\cdot}6$ . . . . und wir erkennen sofort, dass unsere Aufgabe darin bestehen wird, auf der gegebenen Fläche alle jene Elemente aufzufinden, welche mit dem einfallenden Lichtstrahle der Reihe nach die Winkel α_1, α_2 . . . . bilden.

Um aber diese Aufgabe zu lösen, denken wir uns die Gerade $L\,S$ als Axe von Kreiskegeln, deren Erzeugende mit der Geraden $L\,S$ der Reihe nach die Winkel α_1, α_2, ... einschliessen.

In der Figur sind nur zwei solche Kreiskegel dargestellt; die Erzeugenden des Kegels $s\,a\,a$ sind unter den Winkel α_1 und jene des Kegels $s\,b\,b$ unter dem Winkel α_2 gegen den Lichtstrahl geneigt.

Nehmen wir endlich beispielsweise auf dem Kegel $s\,b\,b$ eine beliebige Erzeugende $s\,b$ an, führen wir durch dieselbe eine Berührungs-Ebene an den Kegel und verschieben wir die so erhaltene Ebene parallel zu sich selbst, bis sie in eine Berührungs-Ebene für die gegebene Fläche übergeht, so wird das betreffende Berührungs-Element mit dem Lichtstrahle den Winkel α_2 bilden, sonach die Beleuchtungs-Intensität 0·6 besitzen und der Intensitäts-Curve II angehören müssen.

Für den sachkundigen Leser wird diese bündige Auseinandersetzung genügen, um sowohl die Richtigkeit des beobachteten Verfahrens als auch die Methode, nach welcher die gesetzmässige Vertheilung der Intensitäts-Curven bewerkstelliget wird, beurtheilen zu können; auch wird es kaum der Erinnerung bedürfen, dass der gezeigte Vorgang auf die Schattenseite einer Fläche gleichfalls angewendet werden kann, da dieselbe — dem allgemeinen Übereinkommen gemäss — stets von reflectirten Lichtstrahlen beleuchtet

zu denken ist, welche den einfallenden Lichtstrahlen gerade entgegengesetzt angenommen werden.

Wir wollen sofort zur Betrachtung specieller Fälle übergehen:

1. Die Cylinderfläche. Setzen wir den Cylinder in verticaler Stellung voraus und sei seine Leitlinie irgend eine in der Horizontal-Ebene liegende Curve, so finden wir die hellste Kante, indem wir an die Leitlinie eine Tangente ziehen, die auf dem Grundrisse des Lichtstrahles senkrecht steht. Der Berührungspunkt ist sodann Grundriss der hellsten Kante.

Wir benöthigen ferner den Winkel des Lichtstrahles gegen die hellste Kante, damit dessen Sinus als Einheit der Beleuchtungs-Intensitäten benützt und die entsprechenden Winkel $\alpha_1 \alpha_2 \ldots$ ermittelt werden können, denen beziehungsweise die Sinusse 0·8, 0·6 .... zukommen.

Construiren wir endlich die Grundrisse der oben erwähnten Hilfskegel und ziehen wir parallel zu ihren Contourkanten Tangenten an die Leitlinie des Cylinders, so erhalten wir in den betreffenden Berührungspunkten die Grundrisse der gesetzmässig auf einander folgenden Intensitäts-Linien.

Der Kreiscylinder gestattet eine weit einfachere Behandlung, wie weiter unten zu ersehen.

2. Die Kegelfläche. Wäre ein Kegel mit allgemeiner Leitlinie, die in der Horizontal-Ebene liegen mag, gegeben, so suchen wir die hellste Kante auf folgende Art:

Wir legen durch einzelne Erzeugende des Kegels, welche in der Nähe der hellsten Kante liegen — und die beiläufige Lage dieser letzteren lässt sich stets beurtheilen — tangirende Ebenen an den Kegel und construiren auf jede dieser Ebenen die Orthogonal-Projection von einer Geraden $s\,r$, welche durch die Spitze s des Kegels parallel zum Lichtstrahl gezogen werden kann. Von diesen Orthogonal-Projectionen ermitteln wir die Durchdringungs-Punkte mit der Horizontal-Ebene und finden so eine Curve, welche die Leitlinie des Kegels berühren und im Berührungspunkte zugleich ein Element der hellsten Kegelkante liefern muss.

Den Sinus des Winkels, welchen der Lichtstrahl mit der hellsten Kante bildet, nehmen wir abermals zur Einheit der Beleuchtungs-Intensitäten und construiren Kreiskegel, deren gemeinschaftliche Spitze im Punkte s, deren Axe die Gerade $s\,r$ und deren

Erzeugende unter den entsprechenden Winkeln α_1, α_2 . . . gegen die Axe $s\,r$ geneigt sind.

Wird sodann eine Ebene gelegt, welche den gegebenen Kegel und irgend einen Hilfskegel zugleich berührt, so wird das Berührungs-Element auf der ersteren Fläche eine Intensitäts-Linie sein müssen, welche sich in die übrigen noch zu bestimmenden Intensitäts-Linien gesetzmässig einreiht.

Für den Kreiskegel wird die Construction einfacher; doch kann dieselbe erst weiter unten gezeigt werden.

3. Aufwickelbare Flächen. Auf diesen lassen sich die Intensitäts-Linien ganz leicht in gesetzmässiger Aufeinanderfolge finden, wenn ein Kegel zu Hilfe genommen wird, dessen Erzeugender der Reihe nach parallel sind den Erzeugenden der gegebenen aufwickelbaren Fläche.

4. Die Kugelfläche. Auf dieser Fläche sind die Intensitäts-Curven bekanntlich Kreise, deren Ebenen senkrecht stehen auf der Richtung des Lichtstrahles.

Um die gesetzmässige Vertheilung in unserem Sinne zu bewerkstelligen, braucht man nur denjenigen Radius der Kugel, welcher zum Lichtstrahle parallel ist, in so viele Theile einzutheilen, als Intensitäts-Linien verlangt werden; die Theilungspunkte sind sodann die Mittelpunkte der erwähnten Kreise, wovon man sich durch eine aufmerksame Betrachtung der Hilfskugel in Taf. I, Fig. 4 überzeugen kann.

Betrachten wir jetzt den Kreiscylinder und denken wir uns, es sei demselben eine Kugel eingeschrieben, auf welcher die Intensitäts-Curven in entsprechender Weise verzeichnet wurden und zwar unter der Voraussetzung, dass der Sinus des Winkels, welchen der Lichtstrahl mit der hellsten Kante des Cylinders bildet, zur Einheit der Beleuchtungs-Intensitäten gewählt wurde.

Der Anblick der Fig. 2 wird hinreichen, um zu erkennen, dass die Abstände jener Geraden, welche die Aufrisse der Intensitäts-Linien auf dem Cylinder darstellen, unter einander gleich sein müssen, wodurch gewiss das einfachste Mittel zur Verzeichnung derselben geboten erscheint.

Eine ähnliche Behandlung gestattet der Kreiskegel, sie ist aus Taf. I, Fig. 3 zu entnehmen.

5. Umdrehungsflächen. Wir finden einzelne Punkte der Intensitäts-Curven auf einer Umdrehungsfläche (Taf. I, Fig. 4) unter

Zuhilfenahme einer Kugel, welche die Rotations-Fläche nach irgend einem Parallelkreise $p\,q$ berührt.

Denken wir uns den Lichtstrahl in eine zur Vertical-Ebene parallele Lage gebracht, den entsprechenden Halbmesser der Hilfskugel gezogen und eingetheilt, sodann die Geraden 11', 22'.... gezeichnet, welche die Intensitäts-Curven auf der Kugel bedeuten, so erhalten wir in ihren Schnitten 1, 2... mit dem Parallelkreise $p\,q$ die analogen Punkte der Intensitäts-Curven auf der Umdrehungsfläche. — Selbstverständlich müssen die letztgenannten Punkte 1, 2 . . wieder auf entsprechende Weise zurückgeführt werden.

6. Flächen zweiter Ordnung. Auf diesen Flächen erhalten wir die Intensitäts-Curven, indem wir jedesmal die entsprechende Rotations-Fläche zu Grunde legen, wie sogleich an einem Beispiele gezeigt werden soll.

Wir wollen nämlich den Übergang bewerkstelligen von einem Rotations-Ellipsoid auf ein Ellipsoid von drei Axen und zwar auf folgende höchst einfache Weise:

Wir machen die Axen $a\,a_1$ und $b\,b_1$ in Fig. 4 beziehungsweise gleich den Axen $A\,A_1$ und $B\,B_1$ in Fig. 5 und construiren die Intensitäts-Curven in ersterer Figur.

Ziehen wir jetzt eine beliebige Tangente $t\,t_1$ an die Contur des Rotations-Ellipsoides und die zu ihr parallele Tangente $T\,T_1$ an die Contour des allgemeinen Ellipsoides und zeichnen wir die Sehnen $e\,f$ und $E\,F$, so bedeuten diese offenbar ebene Schnitte mit den vorhandenen Flächen und es sind diese Schnitte zwei einander ähnliche Ellipsen. — Die Sehne $e\,f$ wird durch die Schnitte mit den Intensitäts-Curven in gewisse Abschnitte $e\,m$, $e\,n$ . . getheilt, welche wir der Ordnung nach auf der Tangente TT_1 und zwar vom Punkte E aus aufgetragen haben; verbinden wir endlich (f) mit F und zeichnen wir die Parallelen $(m)\,M$, $(n)\,N$ ..... so erhalten wir auf der Sehne $E\,F$ eine Reihe von Punkten, welche den analogen Intensitäts-Curven auf dem allgemeinen Ellipsoide angehören müssen.

Um sich von der Richtigkeit des Ebengesagten zu überzeugen, denke sich der geneigte Leser ein kleineres, dem vorhandenen Rotations-Ellipsoide ähnliches Ellipsoid so in das allgemeine Ellipsoid eingeschrieben, dass die erstere Fläche mit der letzteren eine Berührung nach dem Parallelschnitte $E\,F$ eingeht; würden sodann auf diesem kleineren Ellipsoide die Intensitäts-Curven wirklich

construirt, so müssen sie ähnlich ausfallen den Intensitäts-Curven auf dem vorhandenen Rotations-Ellipsoide und die Abschnitte EM, $E\,N\ldots$ zu $E\,F$ in demselben Verhältnisse stehen, wie die Abschnitte $e\,m$, $e\,n\ldots$ zu $e\,f$.

Auf den Grundriss der Figur ist selbstverständlich dasselbe Verfahren anwendbar.

Für das Hiperboloid von einem Netze und für das von zwei Netzen gestalten sich die erforderlichen Constructionen ganz ähnlich; für das elliptische und hiperbolische Paraboloid dagegen werden sie noch einfacher. — Doch mögen diese Fälle dem eigenen Nachdenken überlassen bleiben, da es hier zu weiteren Entwickelungen an Raum gebricht.

7. Windschiefe Flächen. Wir machen vorerst auf einen Satz aufmerksam, der uns bei der Construction der Intensitäts-Curven auf windschiefen Flächen von besonderem Nutzen sein wird.

„Jede Ebene, welche durch die Kante einer windschiefen Fläche gelegt wird, hat die Eigenschaft, mit der windschiefen Fläche auch noch einen krummlinigen Schnitt zu geben, der seinerseits wieder die in der Ebene liegende Kante schneiden wird; überdies ist der so erhaltene Durchschnittspunkt auch Berührungs-Element zwischen der besagten Ebene und der gegebenen Fläche."

Soll demnach das hellste Element einer windschiefen Fläche gesucht werden, so construiren wir einen Hilfskegel, dessen Erzeugende der Reihe nach parallel sind den Erzeugenden der windschiefen Fläche und führen durch seine Spitze eine Ebene senkrecht auf den Lichtstrahl. Diejenige Kante der windschiefen Fläche nun, welche zu dem Schnitte der erwähnten Ebene mit dem Hilfskegel parallel ist, muss das hellste Element in sich enthalten, indem nur durch diese Kante eine Ebene senkrecht auf den Lichtstrahl geführt werden kann; wird aber eine solche Ebene wirklich construirt, so kann der hellste Punkt der gegebenen Fläche unter Berücksichtigung des obigen Satzes leicht ausgemittelt werden.

Als Beispiel möge die Schraubenfläche mit flachem Gewinde (Taf. I, Fig. 6) dienen, welche Fläche als specieller Fall des Konoides angesehen werden kann. — Wir erkennen sogleich, dass der hellste Punkt H in der Erzeugenden OB liegen müsse, deren Grundriss $O'B'$ senkrecht auf dem Grundrisse $L'S$ des Lichtstrahles steht.

Legen wir sofort eine Ebene, welche durch OB geht und auf der Geraden LS senkrecht ist, so finden wir in MN ihre Horizontaltrasse und in $x'\,h'\,y'$, $x''\,h''\,y''$ ihren krummlinigen Schnitt mit der Schraubenfläche, welcher Schnitt die Kante OB im hellsten Elemente h trifft.

Um in einer beliebigen Kante CD Punkte der Intensitäts-Curven zu erhalten, benützen wir wieder die oft erwähnten Kreiskegel, deren Erzeugende mit dem Lichtstrahle die Winkel α_1, α_2. . . einschliessen; wir ziehen durch die Spitze dieser Kegel eine Gerade parallel zu CD und construiren durch diese Gerade eine tangirende Ebene an einen der vorhandenen Kreiskegel, etwa an den zweiten. Wenn diese Berührungs-Ebene dann parallel zu sich selbst verschoben wird, bis sie durch die gewählte Kante CD geht, wenn ferner der krummlinige Schnitt v' II$'$ z', v'' II$''$ z'' aufgefunden ist, so ergibt sich in der CD ein Element II, welches gegen den Lichtstrahl unter dem Winkel α_2 geneigt sein und daher die Beleuchtungs-Intensität 0·6 besitzen muss.

Die Intensitäts-Curve 00, welche zwischen dem hellsten Elemente und der Curve I eingeschaltet wurde, ist durch jene Elemente der windschiefen Fläche gelegt, deren Helligkeit durch 0·9 ausgedrückt werden kann.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass bei einer Gruppe von mehreren Flächen die Einheit der Beleuchtungs-Intensitäten für alle vorhandenen Flächen dieselbe bleiben muss, und dass die Vertheilung der Intensitäts-Curven auf jeder einzelnen Fläche demgemäss vorzunehmen ist.

Die Einfachheit in der Construction solcher Intensitäts-Curven hängt natürlicher Weise eben so mit dem Entstehungs-Gesetze der gegebenen Fläche, als mit der geschickten Wahl der Projections-Ebenen, mit der Richtung des einfallenden Lichtstrahls und sonstigen getroffenen Anordnungen zusammen und es lassen sich mannigfache Constructions-Vortheile ersinnen, welche oft eine bedeutende Erleichterung gewähren; auch die Auffindung der sogenannten besonderen Punkte möge nicht übersehen werden, da dieselben die Genauigkeit der Arbeit wesentlich erhöhen und die Arbeit selbst beschleunigen.

Die Taf. II enthält einige der oben betrachteten Fälle vollständig ausgeführt; bei der Ausführung wurde eine zum Vorhinein entworfene Scala zu Grunde gelegt.

Es stellt sich als zweckmässig heraus, die auf constructivem Wege erhaltenen Intensitäts-Curven nicht als Grenzen zwischen den einzelnen Tönen beizubehalten, weil im andern Falle der Raum für den hellsten und auch der für den dunkelsten Farbenton unverhältnissmässig gross würde. Wir haben es daher vorgezogen, Linien einzuschalten, welche zwischen je zwei unmittelbar auf einander folgenden Intensitäts-Curven nahezu die Mitte halten; dadurch sind wir auch in den Stand gesetzt, auf die einzelnen Elemente der construirten Intensitäts-Curven wirklich jene Farbentöne anzuwenden, die wir ihnen nach der entworfenen Scala zugedacht haben. Das hellste Element haben wir auf jeder Fläche noch besonders hervorgehoben.

Die befriedigende Wirkung, welche eine also behandelte Fläche hervorruft, rechtfertigt zugleich den beobachteten Vorgang.

Schliesslich sei es mir noch gestattet, meinem ehemaligen Vorgesetzten, dem hochgeehrten Herrn Professor J. Hönig, dafür achtungsvoll zu danken, dass er meine Bemühungen nach dieser Richtung stets gütig unterstützte.

Fig. 6.

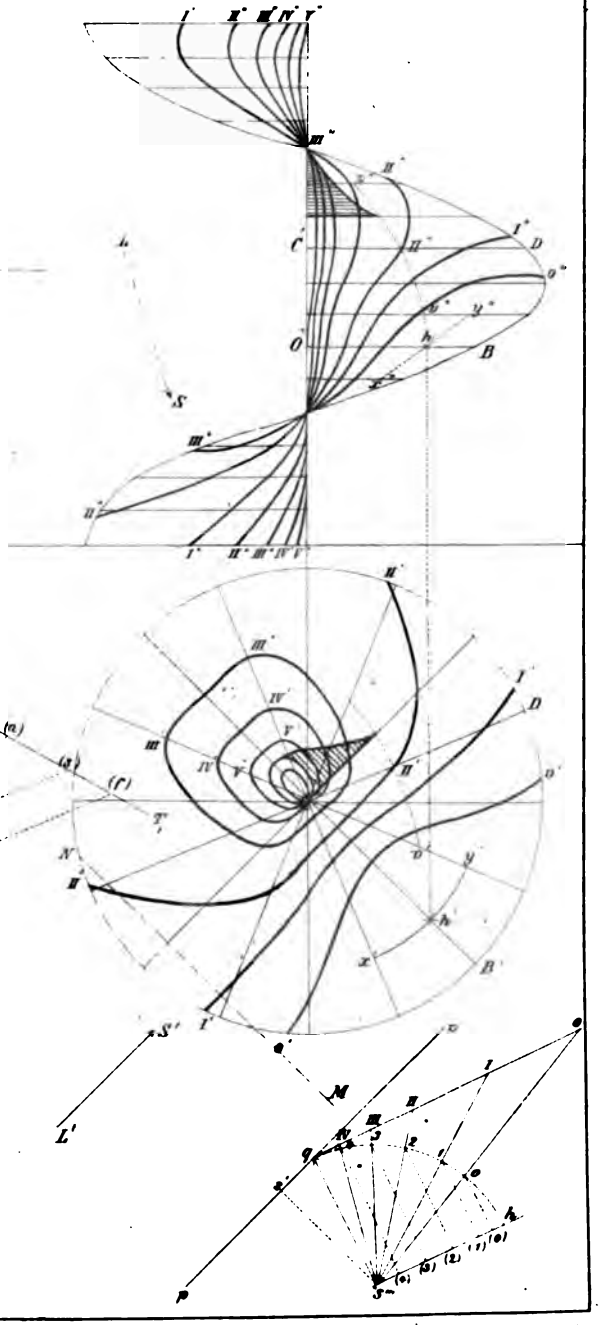
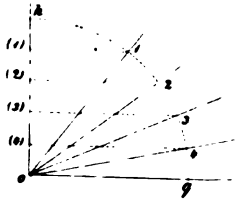


Fig. 1 a.



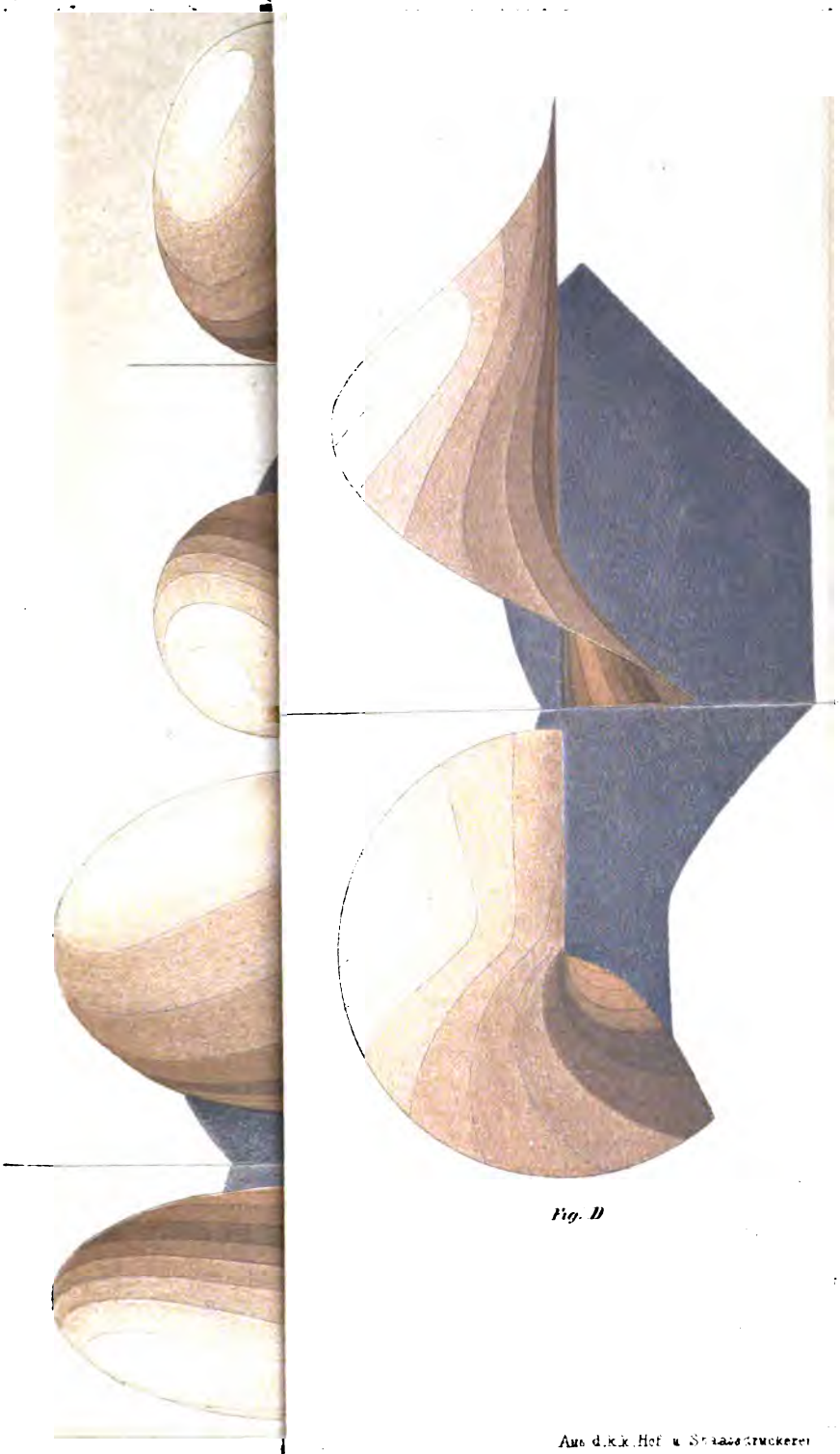


Fig. D

Aus d.k.k. Hof- u. Staatsdruckerei

Die Eisverhältnisse der Donau bei Wien.

Nach Original-Aufzeichnungen in den Jahren 1853 — 1862.

Von dem c. M. **Karl Fritsch.**

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 9. October 1862.)

A. Allgemeiner Theil.

Vorwort.

Die vorliegende Abhandlung ist als der zweite Theil einer früheren anzusehen, welche im Februarhefte des Jahrganges 1855 der Sitzungsberichte erschienen ist und die constanten Verhältnisse des Wasserstandes der Donau bei Wien zum Gegenstande hatte.

Es sind in derselben vorzugsweise die Mittelwerthe der Wasserstände in den einzelnen Monaten sicher gestellt worden und die Grenzen, innerhalb welcher sich dieselben bewegen. Aus diesen Mittelwerthen hat sich eine regelmässige, jährlich wiederkehrende Fluctuation des Wasserstandes ergeben, welche sowohl für die Mittelstände, als für die Extreme gilt, wenn sie sich auch in Beziehung auf die letzteren theilweise nach anderen Gesetzen richtet.

Schon in dieser ersten Arbeit habe ich in allgemeinen Umrissen den überaus mächtigen Einfluss angedeutet, den die Bildung und der Aufbruch des Eises der Donau auf die Verhältnisse des Wasserstandes bei Wien nehmen, zugleich aber die Nothwendigkeit erkannt, darüber erst mehrjährige Beobachtungen zu sammeln, um mich über den auch für das praktische Leben so wichtigen Gegenstand bestimmt aussprechen zu können.

Es liegt nun eine zehnjährige Reihe von Beobachtungen vor, welche von mir in dieser Absicht angestellt worden sind und die Jahre 1852—1862 umfassen, oder eigentlich vom Winter 1852/3 bis zu jenem des Jahres 1861/2 einschliesslich sich erstrecken.

Wohl ist selbst diese Beobachtungsreihe noch zu kurz, um die mittleren Zeitpunkte genau fixiren zu können, welche den wichtigeren Phasen in den Stadien der Bildung und Auflösung der Eisdecke

entsprechen, weil die Erscheinungen höchst mannigfaltig sind und sich nur selten in den einzelnen Jahren gleichen.

Man kann aber auch indirect zum Ziele gelangen, indem man die Bedingungen des Eintrittes der verschiedenen Phasen der Beeisung ermittelt. Unter diesen Bedingungen sind die Verhältnisse der Temperatur und des Wasserstandes bei Weitem die einflussreichsten. Die Wasserstände der Donau werden bereits seit dem Jahre 1826 in der Wiener Zeitung veröffentlicht, für die ganze nun schon 36 Jahre umfassende Reihe von Beobachtungen liegen auch Aufzeichnungen der k. k. Sternwarte und seit 1852 auch von der k. k. Central-Anstalt über die Lufttemperatur vor. Weiss man nun, bei welchen Temperatur- und Wasserstandsverhältnissen sich auf der Donau eine Eisdecke bildet, bei welchen hingegen dieselbe wieder abgeht oder überhaupt die Eisdecke andere markirte Phasen eingeht, so kann man auch in jenen Jahren, von welchen directe Beobachtungen über die Eisbildung noch nicht vorliegen, wie es in Beziehung auf die meinen vor dem Jahre 1852 der Fall ist, die fraglichen Zeitpunkte nachträglich ermitteln, wie ich bald zeigen werde.

In dieser Hinsicht ist insbesondere die Differenz des Wasserstandes an der Ferdinandsbrücke, welche über den Canal aus der inneren Stadt in die Leopoldstadt führt, und an der Brücke über die grosse Donau bei Floridsdorf sehr lehrreich. Ich habe in meiner Abhandlung über die Wasserstände der Donau nachgewiesen, dass diese Differenz beider Pegel bei derselben Wasserhöhe nahezu constant bleibt, aber regelmässig mit der Wasserhöhe zu- und abnimmt. Ist der Canal mit Eis belegt und die grosse Donau eisfrei, dann ist hier der Wasserstand ein verhältnissmässig höherer als dort; der umgekehrte Fall tritt ein, wenn die grosse Donau mit Eis belegt und der Canal frei ist. Stimmen dann auch noch die Temperaturverhältnisse, welche gleichzeitig stattfanden, mit der einen oder andern Annahme, so hat dieselbe eine an Gewissheit grenzende Wahrscheinlichkeit für sich und man kann ziemlich genau die Zeitpunkte der wichtigeren Phasen der Beeisung der Donau für jene Jahre ermitteln, von welchen Beobachtungen über die Beeisung fehlen.

Meine Beobachtungen beschränken sich zwar in der Regel auf die Vorgänge im Donaucanale, an welchem ich mich nach Erforderniss täglich einfand, um die Eisverhältnisse zu studiren. Auf jene der grossen Donau konnte ich nicht selten nur aus den ersteren

einen Schluss ziehen, welchen ich aber immer bestätigt fand, wenn ich mich nach Nussdorf oder Floridsdorf begab, um eine Ansicht der grossen Donau zu erhalten.

Sind aus diesen Gründen meine zehnjährigen Beobachtungen ausreichend, um auf die Eisverhältnisse der Donau einen Schluss ziehen zu können in allen früheren Jahren, von welchen wenigstens die Wasserstands- und Temperaturbeobachtungen vorliegen, so befriedigen dieselben auch noch in einer anderen Hinsicht, indem sie alle wichtigeren Fälle der Eisbildungen umfassen. Im Winter des Jahres 1860/1 ereignete sich der extremste Fall der Beeisung, im Winter des Jahres 1861/2 der extremste Fall der Thaufluth. 1858/9 dagegen kam es der kurzen Dauer der Fröste und der anhaltend milden Temperatur wegen zu keiner Beeisung. Das wichtigste Ereigniss, die Stellung des Eisstosses auf der grossen Donau, von welcher Wien die grösste Gefahr droht, ist im Laufe des zehnjährigen Cyklus sechsmal beobachtet und mit Beziehung auf Zeit und Ort genau beschrieben worden.

Bei der Beeisung erfolgen die Erscheinungen gewöhnlich in einer bestimmten Ordnung, welche man schon im zweiten Beobachtungsjahre herausfinden kann. Dieselben Phasen der Beeisung sind aber in verschiedenen Jahren bald durch längere, bald durch kürzere Zeiträume getrennt. Weniger regelmässig folgen die Erscheinungen, welche den Aufbruch des Eises begleiten, wenn auch eine gewisse Reihenfolge nicht zu verkennen ist.

Zugang des Eises.

Man kann auf stehenden Gewässern, wie z. B. den Bassins im Belvedere und botanischen Garten, auf Bächen oder kleinen Flüssen, wie z. B. die Wien, die Eisbildungen schon lange beobachten, bevor es auf der Donau dazu kommt. Bei der Auflösung des Eises hingegen tritt der umgekehrte Fall ein, wenn man von partiellen Bewegungen des Eises absieht. Der Aufbruch des Eises oder die plötzliche Wegführung der Eisdecke durch Thaufluthen findet auf der Wien immer früher als auf der Donau Statt. Hier wieder bildet sich die Eisdecke früher im Canal als auf der grossen Donau und geht dort wieder früher ab als hier.

Die Eisdecke der Bassins im Belvedere war

am 13. Februar 1854 . . . . 2 Zoll,
„ 14. November 1844 . . . . 1·7 „
„ 14. Jänner 1855 . . . . 2·6[1]) „

dick, bevor sich die ersten Eisbrücken auf der Wien bildeten. Dieselbe Eisdecke hatte

am 12. December 1853 . . . . 4·0 Zoll,
„ 18. Jänner 1855 . . . . 5·3 „

Dicke erreicht, bevor sich im Donaucanale die erste Eisbrücke einstellte.

Am 28. December 1853 war die Eisdecke der Bassins bereits 7·8 Zoll und am 21. Februar 1855 auch schon 6·0 Zoll dick, bevor der Eisstoss der grossen Donau zum Stehen kam und sich also dort die erste Eisbrücke bildete. Man begreift, wie nicht in jedem Winter sich der Eisstoss der grossen Donau stellen kann und wie dies innerhalb der zehn Beobachtungsjahre nur sechsmal der Fall sein konnte, da eine Eisdicke stehender Gewässer von 6—8 Zoll eine Intensität und Summe negativer Temperaturen voraussetzt, wie sie nur in normalen oder strengen Wintern vorkommen.

Selbst Treibeis stellte sich auf der Donau erst ein, als am 11. December 1853 die Eisdecke stehender Gewässer 4'0, am 15. Jänner 1855 als dieselbe 3·8 Zoll Dicke erreicht hatte. Man sieht zugleich, dass die Bildung von Eisbrücken im Canale bald der Entstehung des Treibeises auf der Donau nachfolgt, wenn die Temperaturverhältnisse dieselben bleiben. Es beträgt der Zeitunterschied zwischen der Entstehung des Treibeises und der Bildung von Eisbrücken im Donaucanale

16.—20.	Februar	1853 nur	4 Tage,
11.—12.	December	1853 „	1 Tag,
15.—18.	Jänner	1855 „	3 Tage,
3.— 4.	December	1855 „	1 Tag,
10.—12.	Jänner	1857 „	2 Tage,
4.— 4.	„	1858 „	0 „
21.—25.	December	1860 „	4 „
24.—26.	„	1861 „	2 „
17.—22.	Jänner	1862 „	5 „

[1]) Verstärkt durch gefrornen Schnee.

Eben so oft, in 19 Fällen zehnmal, kommt es nicht zur Bildung von Eisbrücken, weil entweder die Temperatur milder wird oder der hohe Wasserstand die Ansetzung von Treibeis hindert.

Der Wasserstand, bei welchem sich im Canale Eisbrücken bildeten, war immer unter dem Nullpunkte des Pegels und innerhalb ziemlich enger Grenzen, nämlich zwischen —0′ 2″ und —2′ 9″. Aber selbst zwischen diesen Grenzen zeigt sich noch ein erheblicher Einfluss des Wasserstandes. Während, um einige Fälle anzuführen, am 18. Jänner 1855 eine Eisbrücke erst entstand, als die Summe negativer mittlerer Tagestemperaturen —34°2 erreichte, genügte hiezu am 4. Jänner 1858 schon eine Summe von —6°3. Im ersten Falle war aber der Wasserstand —0′ 2″, im zweiten nur —2′ 9″. Am 22. Jänner 1862 stellte sich das Treibeis im Canale bei einem Wasserstande von —1′ 1″ erst nach einer Temperatursumme von —53°3, am 26. December 1862 hingegen bei einem Wasserstande von —2′ 4″ bereits, als die Temperatursumme —24°0 erreicht hatte.

Als sich am 13. Februar 1854 neues Treibeis im Canale einstellte, kam es dennoch nicht zum Stehen, obgleich die Temperatur am 14. und 15. unter —9° sank, und auch noch nicht am 16. bei einer Temperatur von —5°, obgleich seit 13. der Wasserstand von +3′ 0″ bis auf +0′ 5″ abgenommen hatte.

Derselbe Fall ergab sich mit dem Treibeis, welches sich am 3. Februar 1856 einstellte, obgleich am 4. und 5. die Temperatur auf —10°7 und —10°2 herabsank; weil der Wasserstand +0′ 5″ bis +0′ 7″ blieb.

Als Beleg, dass die kräftigere Insolation im Februar nicht die Ursache ist, welche hemmend wirkt, sondern nur der Wasserstand, führe ich auch einen Fall aus dem Spätherbste an. Am 30. November 1856 stellte sich Treibeis ein, welches dennoch nicht zum Stehen kam, obgleich die Temperatur am 2. December auf —7° und vom 3.—5. täglich auf —10° sank. Die Abnahme des Wasserstandes ging aber nicht bis unter +1′ 4″.

Freilich ist nicht zu übersehen, dass in dieser Jahreszeit auch die höhere Bodentemperatur von Einfluss ist.

Es dürfte somit als ziemlich evident angenommen werden, dass bei einem Wasserstande über dem Nullpunkte des Pegels sich im Donaucanale keine Eisbrücken bilden.

Die Bildung von Treibeis kann auf der Donau schon beginnen, wenn das Tagesmittel der Temperatur auf 0° sinkt. Am 9. Jänner 1853 wenigstens schwamm im Canale Treibeis, obgleich die Extreme der Temperatur dieses Tages + 2°7 und — 2°6 waren. Wahrscheinlich hat sich das anlangende Treibeis in den oberen Profilen des Stromes bei tieferer Temperatur gebildet. Am 10. Jänner 1857 hingegen, an welchem Tage sich ebenfalls Treibeis einstellte, waren die Extreme der Temperatur — 7°7 und — 12°2. Die Temperaturverhältnisse, welche die Bildung von Treibeis bedingen, bewegen sich also zwischen ziemlich weiten Grenzen, welche nahezu dieselben sind, wenn sich Eisbrücken bilden. Die extremsten Fälle waren:

am 22. Jänner 1862 Temp. Max. + 0°6, Min. — 4°5,
„ 4. December 1855 „ „ + 6·5, „ — 12·9.

Der Canal ist gewöhnlich schon seit geraumer Zeit völlig mit Eis bedeckt, bevor es auf der grossen Donau zur Bildung einer Eisbrücke kommt, oder wie man zu sagen pflegt, „der Eisstoss sich stellt". In den sechs binnen 10 Jahren beobachteten Fällen ergab sich folgender Zeitraum zwischen den beiden Tagen der ersten Eisbrücken im Canale und auf der grossen Donau:

12. — 28. December	1853	= 16 Tage,
18. Jänner bis 21. Februar	1855	= 34 „
4. — 23. December	1855	= 19 „
4. — 9. Jänner	1858	= 5 „
25. December bis 4. Jänner	1860/1	= 10 „

Es hängt diese Zeitdauer ab von den Wasserstands- und Temperaturverhältnissen. Die kurze Dauer im Jahre 1858 findet in dem tiefen Wasserstande die Erklärung, welcher am Pegel der Floridsdorfer Brücke bis 8. Jänner bereits auf — 4′ 7″ gesunken war. Auch sank die Temperatur der Luft in der Zwischenzeit täglich auf 7—9° unter Null.

In der Zeit vom 18. Jänner bis 21. Februar 1855 war der tiefste Wasserstand nur — 2′ 11″ (am 2. Februar). Die Temperatur sank wohl sehr tief und hielt sich vom 28. Jänner bis 4. Februar zur Zeit des täglichen Minimums auf — 7° bis — 15°; es gab aber in der Zwischenzeit wieder Perioden, in denen sie sich Nachmittags, und mitunter bedeutend über den Gefrierpunkt erhob, so vom 21. bis 24. Jänner bis + 0°4, vom 6.—8. Februar bis + 4°3, vom 12. bis 16. Februar bis + 6°7. Erst nachdem die Temperatur vom 17. bis

21. Februar ein tägliches Minimum von — 6° bis — 14° erreichte, stellte sich auf der grossen Donau die Eisbrücke ein. Tags zuvor war der Wasserstand — 2′ 1″.

Im Jahre 1853 war derselbe am 28. December bereits auf — 4′ 1″, am 22. December 1855 auf — 3′ 4″, am 31. December 1860 auf —2′ 6″ gesunken, als sich die grosse Donau bei Floridsdorf mit Eis überbrückte. Der Wasserstand hält sich demnach in allen Fällen zwischen den ziemlich engen Grenzen von — 2′ 1″ bis — 4′ 1″, und es ist begreiflich, dass nicht in jedem Winter „der Eisstoss auf der grossen Donau zum Stehen kommen kann", zumal ein solches Ereigniss durch Temperaturverhältnisse bedingt ist, welche nur selten stattfinden.

In vier Fällen von sechs leitete ein Temperatur-Minimum von — 13°7 bis — 15°2 das Stocken des Treibeises auf der grossen Donau ein. Nur in zweien sank die Temperatur zuvor nicht unter — 10° bis — 11°. Das normale jährliche Minimum der Temperatur ist — 13°5. Wäre die Bildung der Eisbrücke nicht auch vom Wasserstande abhängig, so müsste sich im Durchschnitte alljährlich eine solche einstellen. In den beiden zuletzt bemerkten Fällen waren die Wasserstände in der That nur — 3′ 6″ und — 4′ 7″, welche die Eisbildung einleiteten, obgleich die Temperatur nicht unter — 11° sank. Man sieht, dass wegen der stärkeren Strömung und grösseren Wassermasse im Hauptstrome das Treibeis erst zum Stocken gelangen kann, wenn es einen bedeutenden Grad von Consistenz und Mächtigkeit erreicht hat.

Ohne Zweifel ist die Ausbreitung des Stromes zwischen den beiden Brücken bei Floridsdorf, der ärarischen und jener der Kaiser Ferdinands-Nordbahn, die Ursache, dass sich daselbst die Eisbrücke bildet, welche, wie ich bald zeigen werde, so gefahrdrohend für Wien ist [1]).

In jedem fliessenden Wasser ist mit einer Erweiterung des Bettes ein Seichterwerden des Wassers und mit jeder Verengerung eine Vertiefung des Bettes verbunden. Wo sich das Bett erweitert, bildet sich eine Barre von Sand und Geschieben, welche zu einem

[1]) Eine gleiche Breite, die Normalbreite, gewährt den unschädlichsten Abzug der Wasser- und Eismassen." M. s. L. Freiherr v. Forgatsch in den Berichten über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien, von W. Haidinger, IV. Bd. S. 196.

Fangdamm für alle schwimmenden Körper wird. Die grossen bis 1' und selbst 2' dicken, bei strenger Kälte mit einer mehrere Zoll dicken Eisrinde an der Oberfläche versehenen Flarden von Treibeis, deren Dustmassen hierdurch fest gebunden sind, setzen sich auf der Barre zwischen den beiden Donaubrücken bei Floridsdorf ab und hemmen den Abzug der kleineren und des übrigen dicht treibenden Eisdustes. Durch das fortwährende Anschieben dieser Dustmassen vergrössern sich die aufsitzenden Flarden, bis sie unter einander in Contact kommen. Die Arme fliessenden Wassers zwischen diesen Eisinseln werden immer enger und seltener, verschmälern sich zu Fäden und schwinden endlich ganz. Die Eisbrücke ist gebildet, baut sich stromaufwärts rasch auf wie ein Gewölbe, dessen Füsse sich an die Ufer stützen, und nimmt nicht minder an Mächtigkeit zu durch die am Rande der Eisbrücke in Folge der starken Strömung untertauchenden Flarden von Dust (im extremsten Falle bis zu 3 Klafter). Das Wasser wird gestaut und der Stand erhöht sich. Diese Erhöhung ist schon am Pegel der oberen Floridsdorfer Brücke, wo sich die Eisbrücke zunächst bildet, sehr beträchtlich.

Es nahm in den sechs beobachteten Fällen der Wasserstand hier zu:

vom	28.—29. December	1853	von	—4′	1″	bis	—0′	8″	um	3′ 5″
„	20.—24. Februar	1855	„	—2	1	„	+1	11	„	4 0
„	22.—29. December	1855	„	—3	4	„	+3	6[1])	„	6 4
„	8.—10. Jänner	1858	„	—4	7	„	0	0	„	4 7
„	21.—23. December	1859	„	—3	6	„	—0	6	„	3 0
„	2.— 6. Jänner	1861	„	—2	4	„	+6	2	„	8 6

An der Floridsdorfer Brücke hat also das „Stehenbleiben des Eisstosses“ (Stocken des Treibeises) eine Erhöhung des Wasserstandes von 3—8′ zur Folge, je nach der Mächtigkeit des Eisdustes und der Höhe des Wasserstandes. Der bemerkenswertheste Fall ergab sich, wie man sieht, im Jahre 1861. Vom 31. December bis 1. Jänner fiel ohne Unterbrechung bei einer Temperatur von —4°0 bis —8°6 Schnee, welcher nicht weniger als 9″7 Wasser gab. Bei dieser tiefen Temperatur konnte er sich in dem noch eisfreien Hauptstrome nicht auflösen, sondern musste vielmehr Alles beitragen zu einer ganz ungewöhnlichen Verdichtung und Verstärkung des im

[1]) Mit der Thaufluth zusammenfallend, daher zu hoch.

Entstehen begriffenen Eisdustes. Die Flarden desselben erlangten eine seltene Mächtigkeit und hatten demnach nothwendig eine bedeutende Erhöhung des Wasserstandes zur Folge, als sie Eisbrücken zu bilden begannen.

Diese Stauung des Hauptstromes setzt sich stromaufwärts fort. Die nächste Folge ist ein Ergiessen des gestauten Wassers in den Arm des sogenannten Kaiserwassers, die fernere ein Ergiessen in den Canal. Beide Arme sind aber, wenn dies geschieht, stets mit einer mächtigen Eisrinde (im Kaiserwasser von „Grabeneis") bedeckt, über welche sich der Strom ergiesst. In beiden Armen berstet die Eisdecke, während aber im Canale sich das Wasser stets vollständig Bahn bricht und die Eisdecke wegführt, gelingt ein solcher Durchbruch nie im Arme des Kaiserwassers. Augenscheinlich hindern die Joche der Taborbrücke den Abzug der Eisdecke trotz der Gewalt des hinter einem mächtigen Walle von Eismassen hoch gestauten Stromes, obgleich hier das Flussbett in der Stromlinie bei 0′ 0″ Pegelstand noch 3 Klafter tief ist. Auch hier scheint die Erweiterung des Bettes unterhalb der Brücke mitzuwirken, welche die Bilduung einer breiten Barre von Flussgeschieben begünstigt.

In diesen Verhältnissen liegt die Gefahr für Wien. Die grosse Donau ist gedrängt, durch den Canal den Abzug zu nehmen, dessen Eisdecke durchbrochen und weggeführt wird. Man begreift die plötzliche Erhöhung des Wasserstandes zu so ungewöhnlicher Zeit. In den sechs beobachteten Fällen stieg das Wasser am Pegel der Ferdinandsbrücke:

1.	Am	28.	Decbr.	1853	von	—	2′	6″	auf	+	2′	10″,	also um 5′ 4″
													(6 4)
2.	„	21.	Febr.	1855	„	—	1	7	„	+	7	9	„ „ 9 4
3.	„	23.	Decbr.	1855	„	—	2	6	„	+	1	9	„ „ 4 3
													(6 2)
4.	„	9.	Jänner	1858	„	—	3	6	„	+	3	3	„ „ 6 9
5.	„	22.	Decbr.	1859	„	—	1	9	„	+	6	3	„ „ 8 0
6.	„	4.	Jänner	1861	„	—	2	6	„	+10		9	„ „ 13 3

Diese Höhen wurden alle schon am ersten oder längstens am zweiten Tage erreicht, nachdem das Treibeis auf der grossen Donau zum Stehen kam. Hält eine intensive Kälte an, so setzt sich die Zunahme des Wasserstandes am Pegel der Ferdinandsbrücke auch noch einige Tage nachher hindurch fort, wenn auch nur langsam.

Im Falle 1 dauerte das Steigen bis 8. Jänner und erreichte 6′ 4″. Bei 3 bis 29. December und erreichte 6′ 2″. Man kann demnach auf eine Erhöhung des Wasserstandes im Canale von wenigstens 6′ rechnen, wenn das Treibeis im Hauptstrome zum Stehen kommt. Im Jahre 1861 betrug die Zunahme nicht weniger als 13′ 3″, weil das Treibeis, wie bereits bemerkt wurde, in Folge eines bedeutenden Schneefalles bei intensiver Kälte eine ganz ungewöhnliche Stärke erreichte. Von diesem Umstande scheint die Zunahme des Wasserstandes vorzugsweise abzuhängen.

Vergleichen wir dieselbe mit jener der grossen Donau, so stellt sich heraus, dass sie dort beträchtlicher als hier ist, und zwar im

Fall	um	Fall	um
1	2′ 11″	4	2′ 2″
2	5 4	5	5 0
3	—0 2[1])	6	4 9

Wohl bleibt die Wasserhöhe der grossen Donau, auch abgesehen von der Eisbildung, gegen jene im Canale bei zunehmender Höhe immer mehr und mehr zurück, wie ich bereits im ersten Theile meiner Arbeit („Constante Verhältnisse des Wasserstandes der Donau“) gezeigt habe, in welcher dieses Verhältniss durch folgende Tabelle veranschaulicht ist.

Wasserstand im Canale	Wasserstand der grossen Donau niedriger	Wasserstand im Canale	Wasserstand der grossen Donau niedriger
+17′	—4′ 11″	+7′	—1′ 11″
16	4 7	6	1 7
15	4 4	5	1 4
14	4 0	4	1 3
13	3 9	3	1 3
12	3 5	2	1 2
11	3 1	1	0 9
10	2 8	±0	0 6
9	2 5	—1	0 5
8	2 2	—2	0 5

Man sieht, dass bei den höchsten Ständen die Differenz für jeden Fuss um 3 — 4″ wächst, während diese Zunahme bei den

[1]) Störung durch die bald nachfolgende Thaufluth, welche den Eisgang veranlasste.

tiefsten Ständen kaum merklich ist. Mit Hilfe dieser Tabelle lässt sich für jede Wasserhöhe im Canale die entsprechende der grossen Donau ermitteln, falls keine Störung durch die Eisverhältnisse einwirkt. Den grössten, der Stellung des Treibeises im Hauptstrome gefolgten Wasserhöhen im Canale entsprechen unter obiger Voraussetzung folgende Differenzen, denen ich zur Vergleichung die wirklich beobachteten beifüge.

Fall	normal	beob.	Fall	normal	beob.
1	—1′ 3″	—2′ 11″	4	—1′ 3″	—2′ 2″
2	—2 1	—5 4	5	—1 8	—5 0
3	—1 3	—0 2[1])	6	—3 0	—4 9

Es unterliegt demnach keinem Zweifel, dass zur Zeit des Stockens von Treibeis im Hauptstrome ein beträchtlicher Theil seiner Wassermenge in den Canal gedrängt wird. Die dadurch bewirkte Erhöhung des Wasserstandes im Canale steigt bis 3′ 4″.

Mit der Bildung der ersten Eisbrücke im Hauptstrome kommen die Hauptphasen der Eisbildung bald zum Abschlusse. Oberhalb der Eisbrücke drängt sich Flarde an Flarde und bald ist der Strom in seiner ganzen Breite, so weit er von einem Standpunkte aus übersehen werden kann, stromaufwärts zur Gänze mit Eis bedeckt, welches nur wenige kleine Lücken lässt, die bei fortdauerndem Froste bald zufrieren. Der Canal bleibt bei der starken Strömung des Wassers eisfrei, es treibt auf dem in Folge der bedeutenden Wasserhöhe dunkel smaragdgrünen Wasserspiegel losen Eisdust, zuweilen in Flarden, von denen einzelne eingefrornes Grundmateriale (Sand und Geschiebe) enthalten. Es ist der Dust, welcher unter der Eisdecke der grossen Donau in den offenen Canal geführt wird.

Abgang des Eises.

In den sechs Fällen, bei welchen sich innerhalb der zehn Beobachtungsjahre die grosse Donau mit Eis bedeckte, sind fünf vorgekommen, in welchen ein eigentlicher Eisgang erfolgte. Die Dauer der Eisdecke auf der grossen Donau war sehr verschieden. Sie erhielt sich

im Winter 1853/54 vom 28. December bis 1 Februar,
„ „ 1854/55 „ 21. — 28. Februar,

[1]) Störung durch den bald folgenden Eisgang.

im Winter 1855/56 vom 23. December bis 28. Jänner,
„ „ 1859/60 „ 22. — 28. December,
„ „ 1860/61 „ 4. — 28. Jänner.

Binnen zehn Jahren hat es sich also nur zweimal ereignet, dass die Dauer der Eisdecke über einen Monat erreichte, nämlich 1853/54 35, und 1855/56 = 36 Tage. Zweimal dauerte sie nur wenige Tage, 1854/55 7, und 1859/60 6 Tage. Einmal (1857/58) verlor sie sich durch allmähliche Auflösung, fünfmal war ihre Dauer Null, weil sich gar keine Eisdecke einstellte. Diese Verhältnisse stehen ganz im Einklange mit der Strenge und Dauer der Kälte, welche Bedingung der Eisbildung sind.

An einem oder dem anderen der vorhergehenden Tage war die Lufttemperatur wenigstens auf + 4°8 gestiegen und während der Nacht nicht unter + 1°8 gesunken. Das Temperatur-Maximum erreichte bis + 10°9, und das Minimum blieb selbst + 4°0. Man kann demnach die mittleren täglichen Extreme der Temperatur, bei welchen der Eisgang erfolgt zu 7°8 und 2°9 annehmen.

Die Wasserstände an der Brücke bei Floridsdorf waren zwischen + 2′ 5″ und + 5′ 7″. Vergleichen wir dieselben mit jenen, welche auf die Bildung der Eisbrücken gefolgt sind, so ergeben sich folgende Verhältnisse. Der Wasserstand war beim Eintritte des Eisganges höher als zur Zeit der grössten Stauung durch Eisbrücken:

1853/54 um 3′ 2″ höher, 1859/60 um 2′ 11″ höher,
1854/55 „ 1 11 „ 1860/61 „ 0 10 (tiefer).
1855/56 „ 0 7 (tiefer),

Der Unterschied ist demnach nicht bedeutend und hängt offenbar von der Mächtigkeit und Consistenz der Eisdecke ab, auf welche die Temperaturverhältnisse in der Zwischenzeit vorzugsweise bedingend wirken.

So lange die Eisbrücke bei Floridsdorf nicht durchbrochen und abgezogen ist, treibt der Eisgang in den offenen Canal; in den beobachteten Fällen hatte dies hier keine bedeutende Erhöhung des Wasserstandes zur Folge. Der Wasserstand war höher oder tiefer als zur Zeit der grössten Stauung durch Eisbrücken auf der grossen Donau, welche ein Ergiessen des Hauptstromes in den Canal zur Folge hatte.

1853/54 um 0′ 4″ (tiefer), 1859/60 um 0′ 3″ (tiefer),
1854/55 „ 0 0 1860/61 „ 0 9 höher.
1855/56 „ 2 8 höher,

Innerhalb der letzten zehn Jahre war demnach kein Eisgang ein gefahrdrohender, während die Bildung der Eisdecke im Winter 1860/61 sehr gefährliche Dimensionen annahm. Ohne Zweifel trägt hierzu der Umstand viel bei, dass der massenhafte Dust, auf welchem die Eisdecke des Hauptstromes lagert, rasch schmilzt und in demselben Masse das Stromprofil sich erweitert.

Nur wenn nach lange anhaltender strenger Kälte plötzlich Thauwetter eintritt in Begleitung bedeutender Regenniederschläge, oder falls diese ausbleiben, bedeutende Schneemassen plötzliche Thaufluthen erzeugen, kann der Eisgang einen gefährlichen Verlauf nehmen. Seit dem Jahre 1826, in welchem sich die Wasserstände der Donau in der Wiener Zeitung zuerst verzeichnet finden, kommen nur sieben Fälle vor, in welchen der Wasserstand im Canale über + 12′ stieg, und nur drei, in welchen dieser Pegelstand an der grossen Donaubrücke erreicht worden ist. Sechs von diesen Fällen fallen in die Zeit vor dem Jahre 1852, in welchem meine Beobachtungen erst beginnen; einer nur ergab sich in den letzten zehn Jahren, nämlich zu Anfang des Jahres 1862. Die Überfluthung war aber nicht Folge einer Eisstopfung, sondern eines anhaltenden intensiven Regens und des Aufthauens von Schnee.

Nach den Wasserständen zu schliessen, haben wahrscheinlich auch in den übrigen Fällen nur bei drei beträchtliche Eisstopfungen stattgefunden: am 1. März 1830, 21. Jänner 1849 und 4. Februar 1850. Die Wasserstände waren der Reihenfolge nach

im Canale	in der grossen Donau	C—D
17′ 4″	7′ 7″	+ 9′ 9″
17 0	19 0	— 2 0
14 0	13 11	+ 0 1.

Nimmt man an, dass der Canal offen war, so hätten die Wasserstände an der grossen Donau, wenn hier ein Eiswall keine Störung bewirkt hätte, sein sollen

beob.	normal	B—R
7′ 7″	12′ 4″	— 4′ 9″
19 0	12 1	+ 6 11
13 11	10 0	+ 3 11.

Im ersten Falle scheint demnach oberhalb, in den beiden anderen unterhalb der Floridsdorfer Brücke sich ein Eiswall gebildet zu haben. Sobald beim Eisgange die grosse Donau ihre Eisdecke

abzuschieben beginnt, ändern sich die Verhältnisse im Canale bedeutend. Das frühere Drängen der treibenden Eismassen in den Canal hört bald auf, weil die oft mehrere Fuss dicken Dustmassen bei abnehmendem Wasserstande bald auf dem Grund des Bettes aufzusitzen beginnen, die Einmündung des Hauptstromes in den Canal verlegen und den weiteren Zuzug von Eismassen aufheben. In den beobachteten Fällen nahm der Wasserstand im Canale immer beträchtlich ab. Der Stand war hier tiefer als zur Zeit der grössten Stauung des Wassers durch Eisbrücken des Hauptstromes, welcher sich desshalb theilweise in den Canal zu ergiessen gedrängt ist.

Am 1. Februar 1854 um 4′ 10″ und war nur —1′ 0″
„ 28. „ 1855 „ 6 2 „ „ „ +1 7
„ 28. Jänner 1856 nicht beobachtet,
„ 28. December 1859 um 2′ 3″ und war nur +1 0.

Bei dem Eisgange am 28. Jänner 1861 scheint nur ein allmählicher Durchbruch der Eisbrücke auf der grossen Donau eingetreten zu sein, da der Wasserstand im Canale nicht unter +6′ 9″ sank, hatte aber dennoch um 4′ gegen den höchsten seit der Beeisung beobachteten Stand abgenommen.

Theils in Folge des Aufthauens, insbesondere an der vom Wasser bespülten Basis, theils in Folge des allmählich wieder zunehmenden Wasserstandes im Hauptstrome beginnen die im Canale aufsitzenden Dustmassen und Blöcke von Eisschollen bald wieder flott zu werden und treten die Wasserstände in beiden Armen in ihr normales Verhältniss. Dabei dauert der Eisgang in Schollen einige Tage fort. Den einzelnen Eisgängen folgte der höchste Wasserstand[1]) in der Zeit vom

	im Canale	und erreichte in der Donau
1. bis 9. Februar 1854	+6′ 10″	+5′ 6″
28. Februar bis 7. März 1855	+6 11	+5 4
28. bis 29. Jänner 1856	+5 5	+4 1
28. December 1859 bis 3. Jänner 1860 . .	+8 5	+6 2
2. bis 31. Jänner 1861	+9 2	+6 10

Die Wasserstände waren demnach höher als zur Zeit des Eisganges.

[1]) Der Wiener Zeitung entnommen.

	Canal	Donau
1854	+ 4′ 4″	+ 5′ 3″
1855	+ 3 6	+ 1 6
1856	+ 2 0	+ 1 8
1860	+ 3 11	+ 3 9
1862	+ 1 9	+ 1 3

Die Thaufluthen der Donau zeigen in Hinsicht auf die Zeit keine bestimmte Begrenzung, ja man kann annehmen, dass sie sich bis in den Sommer hineinziehen und die ganze jährliche Bewegung des Wasserspiegels bestimmen, wie dieselbe im ersten Theile meiner Arbeit nachgewiesen worden ist. Die Ursache ist einleuchtend. Ein nicht unbeträchtlicher Theil des Stromgebietes wird durch die Alpen gebildet, in welchen die Niederschläge des Winters bis in den Sommer hinein, ja in den höchsten Regionen der Alpen das ganze Jahr hindurch angesammelt bleiben und sich überdies selbst in der wärmsten Jahreszeit wiederholen können. Die mächtigen Gletschermassen bilden ein immerwährendes Reservoir der Thaufluthen, welche durch Temperaturfluctuationen bedingt sind.

Um die Eisverhältnisse der Donau oder eigentlich ihren Einfluss auf die Wasserstandsverhältnisse mit einem Blicke übersehen zu können, sind dieselben graphisch dargestellt, und zwar sowohl

1. für den Zugang (Stellen des Eisstosses), als

2. für Abgang des Eises, und in jedem dieser beiden Stadien für die grosse Donau und den Canal. Für die erstere sind die Aufzeichnungen dem Pegel an der Taborbrücke (am rechten Ufer der Floridsdorfer Brücke), für den Canal jenem der Ferdinandsbrücke, welche aus der inneren Stadt in die Leopoldstadt führt, entnommen. Da mein Journal nur die Stände im Canal enthält, so blieb mir nichts übrig, als die in der Wiener Zeitung erscheinenden Aufzeichnungen des Wasserbauamtes zu benutzen, welchen ich auch die Ergänzung einiger Lücken in der Wiener Zeitung verdanke.

Die Curven, welche die Bewegung des Wasserspiegels ersichtlich machen, sind auf einem rechtwinkeligen Ordinatensysteme entworfen, in welchen die Zeiten die Abscissen und die Wasserhöhen die Ordinaten bilden. Da die letzteren täglich nur einmal angegeben sind, so gilt für die Abscissen der Tag als Einheit des Netzes; für

die Höhen hingegen eine Dimension von 3″, so dass sich dieselben bis auf 1″ gut abschätzen lassen.

Die Ordinate am Tage des Zu- oder Abganges der Eisdecke nimmt die Mitte ein. Die übrigen Ordinaten entsprechen dem Zeitraume von zehn Tagen vor und nach dem Ereignisse, bezeichnet mit $-10, -9 \ldots 0 \ldots +9 +10$.

Die mittlere Curve, welche entsteht, wenn man die Wasserstände des $0 \pm 1 \pm 2 \ldots$ Tages, also demselben Werthe der Abscisse entsprechenden Wasserstände addirt und durch die Zahl der Jahre dividirt, ist roth gezogen.

Man erkennt mit einem Blicke folgende Hauptmomente:

1. Das Stellen des Eisstosses (Stocken des Treibeises) ist sowohl auf der grossen Donau als in Folge dessen im Canale mit einer plötzlichen sehr bedeutenden Erhöhung des Wasserstandes verbunden.

2. Eine so constante beträchtliche Veränderung des Wasserstandes stellt sich beim Abgange des Eises nicht heraus.

3. Überhaupt ist die Bewegung des Wasserspiegels beim Eisgange kaum in weitere Grenzen eingeschlossen als beim Stellen des Eisstosses.

4. Der Stellung des Eises geht immer ein niedriger und im Abnehmen begriffener Wasserstand voraus.

5. Dem Abgange des Eises auf der grossen Donau eine zwar nicht rapide, aber stetige Erhöhung; der Abzug selbst hat eine vorübergehende Erniedrigung des Wasserstandes im Canale zur Folge.

6. Dem Abgange des Eises folgt eine grössere Thaufluth als die vorhergehende, dem Zugange eine grössere Staufluth.

Alle diese Verhältnisse würden noch bestimmter hervortreten, wenn nicht in einigen Beobachtungsjahren der Abgang des Eises schon binnen wenigen Tagen der Stellung des Eisstosses gefolgt wäre und sich daher die Curven des Zu- und Abganges nicht kreuzen würden.

Im Allgemeinen ist, so lange die Donau mit Eis bedeckt ist, der Wasserstand beträchtlichen Schwankungen unterworfen, welche vorzugsweise von den Temperaturverhältnissen abhängig sind. Die mehrere Fuss mächtigen Massen von Eisdust, welche die unteren Schichten der Eisdecke bilden, schmelzen sehr leicht in fortwährender Berührung mit dem strömenden Wasser, bevor die Temperatur

der Luft den Gefrierpunkt erreicht und eigentliche Thaufluthen den Wasserstand erhöhen. Der Abzug des Stauwassers ist hierdurch erleichtert und nimmt der Wasserstand nothwendig ab. Ja es kommt nicht selten, ohne Thauwetter an der Erdoberfläche, zu einer so weit fortgeschrittenen Auflösung der Eisdecke, dass diese leicht von der Strömung fortgeführt wird. Ein solcher Vorgang auf der grossen Donau ist immer an der Abnahme des Wasserstandes im Canale zu erkennen, da das Stauwasser der ersteren einen anderen Abzug findet. Der inverse Fall ereignet sich bei zunehmendem Froste. Loser Eisdust treibt stets an der Unterfläche der Eisdecke, friert bei strenger Kälte leicht an und trägt so bei, die Mächtigkeit der Eisdecke zu steigern.

Eine grosse Gefahr beim Eisgange ist nur dann zu besorgen, wenn nach länger dauerndem harten Froste plötzlich entschiedenes Thauwetter eintritt und der Niederschlag an Schnee während der Eisperiode sehr beträchtlich war oder das Thauwetter von einem reichlichen Regen begleitet ist. Die Kruste von festem durchsichtigen Eis, welche nach länger dauerndem harten Froste die oberste Schichte der Eisdecke bildet, kann eine bedeutende Dicke, 1 — 2′ und darüber erreichen. Sie hält die Dustmassen zusammen, welche die unteren Schichten der Eisdecke bilden. Der Eiswall, welcher bei der ersten Stellung des Eisstosses (Stocken des Treibeises) entstand, kann nur, insbesondere wenn er durch Zuzüge abziehender Eismassen der oberen Profile verstärkt wird, eine weit beträchtlichere Stauung des Stromes bewirken und eine bedenkliche Höhe der gestauten Thaufluthen, wie dies in den Jahren 1830, 1849 und 1850 der Fall war.

Die Gefahr für Wien liegt in dem Umstande, dass bei höherem Wasserstande der Donau zu viel Wasser in den Canal strömt. Ich habe im ersten Theile meiner Abhandlung die successive Erhöhung des Wasserstandes im Canale mit zunehmender Wasserhöhe der Donau nachgewiesen; sie beträgt für Höhen über 5′ ziemlich constant 3 — 4″ für jeden Fuss. Wie bedeutend muss diese Erhöhung erst werden, wenn ein Eiswall im Hauptstrome diesen zurückstaut. Wir haben zugleich gesehen, dass dann auch das Kaiserwasser mit Eis verlegt bleibt und der Hauptstrom durch dasselbe keinen Abzug findet. Wäre ein solcher Abzug möglich, dann wäre auch die Gefahr für Wien, wenn auch nicht immer ganz beseitigt, so doch bedeutend

verringert. Überhaupt kann man die Trennung des Stromes oberhalb Wien in mehrere Arme als Hauptursache der Störungen des Wasserabflusses ansehen, neben welcher noch eine zweite einwirkt, die in dem Umstande zu suchen ist, dass der Stromstrich dem rechten Ufer zu nahe liegt. Die Entscheidung der Frage, ob eine Vereinigung der Donauarme oberhalb Wien oder die Verlegung des Stromstriches durch eine entsprechende Regulirung des Bettes möglich ist, überlasse ich dem Urtheile von Sachverständigen [1]).

Wenn ich nun auch im allgemeinen Theile dieser Arbeit bemüht war, die constanten Verhältnisse der Beeisung der Donau bei Wien zu ermitteln, so verkenne ich nicht die Nothwendigkeit eines speciellen Studiums der Verhältnisse von Fall zu Fall, weil die Abweichungen von der Regel viel zu bedeutend sind. Es dürfte demnach zweckmässig sein, dem allgemeinen Theile meiner Arbeit auch den speciellen beizuschliessen, welcher das während eines zehnjährigen Zeitraumes gesammelte Detail enthält.

Speciell über die Eisverhältnisse der Donau bei Wien sind eingehendere Beobachtungen in den Schriften der kais. Akademie bisher noch nicht veröffentlicht worden. In Folge des von Herrn Hofrath Haidinger ausgegangenen Impulses liegen aber nun die mehrjährigen schätzbaren Beobachtungen vor, welche mit Erlass des hohen k. k. Staatsministeriums vom 23. November 1860, Z. 33985, der kais. Akademie der Wissenschaften zugekommen sind und der Veröffentlichung noch entgegensehen. Ich gestehe, dass ich sehr besorgt war, meine Arbeit könnte eine überflüssige sein, zumal ich in dem Register [2]) der vom hohen k. k. Staatsministerium herabgelangten Beobachtungen auch die Stationen Nussdorf und „grosse Donaubrücke“ verzeichnet fand, von welchen mehrjährige Beobachtungen (1851/52, dann 1853/54—1859/60) vorliegen.

An der Einsicht dieser Beobachtungen musste mir besonders viel gelegen sein. Ich richtete daher ein Schreiben in diesem Sinne

---

[1]) Ich verweise in dieser Beziehung unter anderen auf folgende Arbeiten:

a) „Betrachtungen über den Eisgang der Flüsse“ von W. Haidinger in den Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften. II. Bd., S. 278. Wien 1847.

b) Die „Beobachtungen über den Eisgang der Donau“ von L. Frhrn. v. Forgatsch ebendort. IV. Bd., S. 190. Wien 1848.

c) „Über das Eis der Donau in dem gegenwärtigen Winter 1848/49“ von W. Haidinger. Sitzungsberichte der kais. Akad. d Wiss. 1849. S. 24. Jänner.

[2]) Sitzungsberichte der kais. Akad. d. Wiss. m. n. C. XLII. Bd., S. 740.

an Herrn Hofrath Haidinger, welchem das vom hohen k. k. Staatsministerium herabgelangte Convolut von der kais. Akademie der Wissenschaften mit Zuschrift vom 1. December 1860, Z. 985, zur gefälligen Gebrauchnahme übersendet worden war.

Mit grösster Liberalität liess mir Herr Hofrath Haidinger das ganze Convolut zustellen in Begleitung des folgenden Schreibens, datirt von 27. August.

„Recht sehr dankbar bin ich Ihnen in der That für Ihr freundliches Schreiben vom 25. d. M. In der That habe ich sogleich veranlasst, dass Ihnen die Mittheilungen, welche ich noch über das „Eis" habe, überantwortet werden." Es ist ein grosses Packet, wie ich dies in der Sitzung der Akademie am 13. December 1860 berichtete. Dort hatte ich übrigens erwähnt:

„Für die bevorstehende Bearbeitung beabsichtige ich noch die Mitwirkung meiner hochverehrten erfahrenen Freunde, des Herrn Prof. Dr. Arenstein und unseres correspondirenden Herrn Collegen K. Fritsch, mir zu erbitten."

Aber gute Vorsätze werden gar oft nicht ausgeführt.

Mit dringenden Abfertigungen überschüttet, vielfach durch Unwohlsein gestört, bat ich die hochverehrten Herren nicht, wie ich beabsichtigt hatte, zu einer Berathung. Nun ist Freund Arenstein selbst in einer anderen Art von Eisstoss — in London, ich aber selbst so wenig in der Lage, Hand anzulegen, dass ich Ihnen gern mit jenem Packet alle „Eis"-Interessen übergeben möchte, mich innigst darüber freuend, dass ein Kräftigerer als ich sich nun der Sache annimmt.

Was Sie immer aus den Berichten entnehmen, wird günstig angewendet sein; ich darf für längere Zeit nicht daran denken, dieser Sache gerecht zu werden, bitte Sie daher, ja gewiss meiner innigsten Theilnahme versichert zu sein, wo Sie so kräftig selbst sich der Sache annehmen." So weit Herr Hofrath Haidinger.

Ich selbst habe die Aufzeichnungen an den Stationen Nussdorf und „grosse Donaubrücke" benützt, um die Lücken in meinen eigenen zu ergänzen. Diese Noten sind entweder mit einem Sternchen * bezeichnet oder es ist dabei die amtliche Quelle im Allgemeinen angeführt.

Bereits im Eingange habe ich bemerkt, dass meine eigenen Beobachtungen in der Regel auf den Donaucanal beschränkt blieben;

ich habe auch die Gründe angeführt, worunter jener, dass man aus den Vorgängen im Donaucanale einen ziemlich sicheren Schluss auf jene im Hauptstrome ziehen könne, in erster Linie. Es war mir nun vorzüglich daran gelegen, meine Schlüsse zu verificiren, und hierbei leisteten mir die amtlichen Eingaben die besten Dienste. Meine Annahmen haben sich als richtig herausgestellt; überhaupt stehen meine Aufzeichnungen mit den amtlichen im besten Einklange, da meine gegenwärtige Arbeit überdies vorzugsweise auf den Donaucanal sich bezieht, an welchem keine amtliche Station in Thätigkeit war, da ferner die Eisverhältnisse im Donaucanale für Wien von grösserer Wichtigkeit sind, als jene im Hauptstrome, wenn auch nur fast durch diese allein bedingt, so hoffe ich keine überflüssige Arbeit gethan zu haben; ich hoffe dies um so weniger, als meine Arbeit fast durchaus nur auf autographen Aufzeichnungen beruht.

Die Eisverhältnisse der Donau bei Wien.

B. Specieller Theil.

Mit Bemerkungen über die Eisdecke stehender Gewässer, die Eisverhältnisse des Wienflüsschens und die Thau- und Regenfluthen desselben.

1852/53 [1]).

7. Jänner. Die Donau im Canale noch ohne Spur von Treibeis, obgleich die Temperatur bereits auf — 4°2 R. sank und auf stehenden Gewässern die Eisdecke bereits 3″ stark ist.

8. Jänner. Eisdecke im grossen Bassin am Belvedere 4″ stark.

9. Jänner. Die Donau beginnt einzelne kleine Schollen Treibeis zu führen. Temp. Min. — 2°6.

16. Februar. Die Donau begann heute zum zweiten Male im heurigen Winter Treibeis in kleinen spärlichen Schollen zu führen. Temp. Min. — 4°7.

17. Februar. Treibeis auf der Donau fast spärlicher als gestern. Die Eisdecke stehender Gewässer fast 2″ stark.

18. Februar. Auf der Donau kein Treibeis. Temp. Min. — 3°2.

20. Februar. Im Donaucanale Treibeis, welches um Mittag oberhalb der Ferdinandsbrücke gegen den Kettensteg auf einer beträchtlichen Strecke eine Eisbrücke gebildet hatte, die den Abzug des Eises gänzlich sperrte und die Stauung desselben zu Standeis beförderte. Auch die Ufer unterhalb der Eisbrücke waren bereits einige Klafter breit mit Standeis belegt. Temp. Min. nur — 3°0, aber starker Wind.

21. Februar. Die gestern erwähnte Eisbrücke auf der Donau war heute wieder zerrissen und das Eis ging stückweise ab. Auch schwamm kein Treibeis. Temp. Max. + 1°6. Min. — 3°2.

22. Februar. Das Standeis im Donaucanale ist in völliger Auflösung begriffen, in kleinen Schollen abziehend. Temp. Max. + 1°3. Min. — 4°2.

23. Februar. Standeis im Donaucanale im Zunehmen. Kein eigentliches Treibeis, weil es der tiefe Wasserstand oder das Standeis im Hauptstrome wahrscheinlich vom Eindringen in den Canal abhält. Temp. Max. + 2°3. Min. — 6°3.

25. Februar. Die Eisbildungen im Donaucanale ohne Bestand, die Neubildungen bei Nacht lösen sich bei Tage wieder auf. Auf stehenden Gewässern ist aber die Eisdecke bereits gegen 5″ stark. Temp. Max. + 0°3. Min. + 3°6.

---

[1]) 1851/52. Bei der grossen Donaubrücke nach amtlichen Berichten blos vom 30. December bis 13. Jänner auf der Donau Treibeis von 4—6″ Dicke. Stehendes Eis bis 7″ Dicke. Wasserstand 7″ bis 1′ 7″ unter Null. Bei Nussdorf nahezu dieselben Verhältnisse.

27. Februar. Die Donau im Canale von der Ferdinandsbrücke bis aufwärts zum Kettensteg mit Standeis belegt, das sich im Laufe der Nacht grösstentheils aus Treibeis in grossen Flarden gebildet hatte. Um Mittag begann die Eisdecke sich stückweise von den Ufern abzulösen und wurde von dem Strome zerbrochen, so dass um 4 Uhr fast die ganze Decke in kleinen Schollen bereits abgegangen war. Temp. Max. $+3°3$. Min. $-5°2$.

6. März. Im Donaucanale bildet sich über Nacht stellenweise Ufereis, welches sich jedoch im Laufe des Tages wieder auflöste und abging. Temp. Max. $+3°6$. Min. $-4°3$.

17. März. Der Spiegel des Wienflusses erhob sich gegen Mittag auf 3′ über den Grund des Bettes. Temp. Max. Tags zuvor $+10°7$.

1. April. Der Wienfluss im raschen Steigen begriffen[1]). Es waren die Höhen über 0 um 2 Uhr + 0′ 9″
„ 5 „ 1 4
„ 7 „ 2 4.

Grösste Höhe 3′ 1″. Temp. Max. $+8°6$. Min. $-0°6$.

2. April. Die Wien, welche in den Morgenstunden auf 2′ 4″ gefallen war, stieg gegen Abend auf 5′. Temp. Max. $+5°8$. Min. $+0°9$.

3. April. Der Wasserstand der Wien zwischen 2′ 7″ und 4′ schwankend (Morgen bis Abend). Temp. Max. $+8°4$. Min. $+3°7$.

9. April. Die Wien erreichte gegen Mittag die Höhe der Thaufluth am 2. (5′), obgleich sie gestern bereits auf + 0′ 4″ gesunken war; bis um 6 Uhr war der Wasserstand nur noch 3′. Niederschlag $12^{m}86$.

10. Juni. Der Wasserstand der Wien ist seit Wochen bei — 0′ 4″ und hat in den letzten drei Tagen nie mehr als 1—2″ zugenommen.

Heute 7 Uhr	Morgens	— 0′ 2″	
1 „	Mittags	— 0 3	
2 „ 30′	„	+ 2 6,	Max. der Höhe des Wassers, entstanden aus den Zuflüssen der in die Wien mündenden Abzugscanäle,
(1 St. 30′ nach dem Regenguss) 3 „	0 Abends	+ 1 0.	Eigentliche Fluth der Wien, entstanden aus dem Niederschlag im Quellengebiet der Wien.
3 „ 15	„	+ 1 6	
3 „ 45	„	+ 2 0	
7 „ 0	„	+ 4 9,	Max. der Fluth.

Von 1 Uhr 45′ bis 2 Uhr 15′ fielen nicht weniger als $18^{m}09$ Regen, der intensivste bekannte Niederschlag von Wien.

---

[1]) Der Niederschlag an Schnee, welcher grösstentheils liegen blieb, betrug in der ersten Märzhälfte $18^{m}5$.

1853/54.

13. November. Die Bassins im botanischen Garten und Belvedere mit einer mehrere Linien dicken Eisrinde überzogen. Temp. Max. + 3°2. Min. — 4°5.

27. November. Stehende Gewässer begannen sich mit einer Eisrinde zu überziehen. Temp. Max. + 0°6. Min. — 2°6.

28. November. Die Eisrinde auf stehenden Gewässern 3‴ stark. Temp. Max. — 1°5. Min. — 3·0.

30. November. Die Dicke der Eisrinde auf stehenden Gewässern schwankt je nach ihrer Tiefe, Lage und Ausbreitung zwischen 7—10‴.

2. December. Grösste Stärke der Eisrinde auf stehenden Gewässern 1'5, mittlere 0'7.

5. December. Die Eisdecke stehender Gewässer ist seit gestern tragbar für Menschen und schon gegen 2'5 stark.

10. December. Dicke des Eises auf stehenden Gewässern 4″.

12. December. Die Donau führt seit gestern eigentliches Treibeis, welches heute im Canale bereits durch Eisbrücken gestaut wurde. 0·3 der Wasserfläche sind mit Ständeis belegt. Temp. Max. — 1°3. Min. — 6°8.

13. December. Oberhalb der Ferdinandsbrücke eine bedeutende Strecke aufwärts ist die Donau im Canale ganz zugefroren. Temp. Max. — 1°2. Min. — 6°3.

16. December. Mittlere Dicke des Eises im Donaucanale 3″, so weit es aus Spiegeleis besteht 2'5, soweit Treibeis an seiner Bildung Theil hatte 3—4″.

21. December. Die Eisdecke im Donaucanale löst sich hie und da vom Ufer und geht stückweise ab. Temp. Max. + 1°4. Min. + 0·3.

24. December. Wieder in der Ausdehnung wie vor einigen Tagen mit Eis bedeckt, nachdem die Donau am 23. neuerdings Treibeis zu führen anfing. Temp. Max. — 5°7. Min. — 7°7.

31. December. Durch die anhaltend starken Fröste fand eine solche Vermehrung des Treibeises auf der Donau Statt, dass es am 28. December im Hauptstrome bereits Eisbrücken bilden konnte[1]). In Folge der dadurch entstandenen Stauung ergoss sich die Donau in den Canal, wo sie mit solcher Gewalt strömte, dass die mehrere Zoll starke Eisdecke durchbrochen und fortgeführt wurde, wobei der Wasserspiegel sich um mehr als 5′, nämlich bis auf 2′ 10″ über Null erhob, während die Wasserhöhe früher 2′ 6″ unter Null betrug. Obgleich die Höhe seitdem um 1′ abgenommen hat, so ist der Canal noch immer eisfrei bis auf ein langes Eisfeld am linken Ufer, der Eistrieb dauert aber bei starker Strömung fort.

Die täglichen Extreme der Temperatur sind:

	Max.	Min.
Am 25. December	— 5°5	— 14°0
„ 26. „	— 6·5	— 13·8

[1]) Nach amtlichen Berichten war dies bei der grossen Donaubrücke am 26. vorüber gehend, seit 29. dauernd, bei Nussdorf am 30. der Fall.

	Max.	Min.
Am 27. December	—8°8	—11°8
„ 28. „	—6·8	— 9·9
„ 29. „	—5·4	— 7·7
„ 30. „	—5·4	—12·0
„ 31. „	—5·3	—11·7

5. Jänner 1854. Der Wasserspiegel der Donau im Canale hat sich seit 31. December bis 3′ 7″ über Null erhoben, also schon um 6′ über jenen Stand, der vor Beginn des Eisstauens im Hauptstrome stattfand, und ist fortwährenden Schwankungen unterworfen. Das Eistreiben war heute in starker Abnahme.

6. Jänner. Dicke der Donau-Eisdecke zwischen 0—15″ schwankend, Wasserstand constant 3′ 6″. Die grösseren Flarden des Treibeises bestehen. Seitdem sich die grosse Donau in den Canal ergossen hat, aus trübem Grundeis mit eingefrornem Sande und Geschieben, über den Wasserspiegel erheben sich nur die dustförmigen Theile desselben, welche schneeweiss erscheinen.

8. Jänner. Der Wasserspiegel der Donau im Canale hat heute durch Stauwasser des Hauptstromes bereits 3′ 10″ erreicht. Die Strömung ist so stark, wie gewöhnlich bei diesem Wasserstande; das Treibeis bis auf wenige Reste aufgelöst, die Farbe des Wassers noch immer schön hellgrün.

10. Jänner. Donau 3 Uhr 3′ 9″ ober Null. Temp. 0·0, obgleich der Canal fast keine Eisdecke hat. Treibeis wie am 8.

11. Jänner. Donau 3 Uhr Abends 3′ 9″.

12. Jänner. Donau 3 Uhr Abends 3′ 9″. Noch unverändert seit 8. Noch immer Treibeisreste wie früher. Wasser kaum merklich getrübt.

13. Jänner. Donau 3 Uhr Abends 3′ 8″. Wasser noch immer kaum merklich getrübt, obgleich seit 5. die Temperatur sich täglich über den Gefrierpunkt erhob, am 7. bis + 4°8, am 11. bis + 4°3. Die Nachtfröste dauerten aber fort.

14. Jänner. Donau 5 Uhr Abends 3′ 10″. Max. etwas später mit 3′ 11″. Wasser merklich getrübt. Treibeis in allmählicher Abnahme. Temp. Max. —1°6, Min. —4°4.

15. Jänner. Donau 3 Uhr Abends 3′ 5″5. Wasser wieder klar. Ein wenig Treibeis. Der Canal ist von der Ferdinandsbrücke bis Nussdorf hinauf offen, nur sind die Ufer mit einem schmalen Eisstreifen in mehreren Schichten nach dem Wechsel des Wasserstandes garnirt. Grössere Eisfelder nur hie und da am linken Ufer unterhalb der convexen Vorsprünge des Quai's, wo das Wasser langsamer fliesst und seichter ist. Dagegen die grosse Donau, so weit sie vom Landungsplatze bei Nussdorf übersehen werden kann, bis auf wenige offene Stellen ganz mit Eis bedeckt. An den Ufern meistens nur Tafeleis, welches sich vor der Stauung des Treibeises bildete und mehr oder weniger breite Felder bildet, die einen Streifen in der Mitte des Stromes einsäumen, welcher ½—⅓ seiner Breite einnimmt, und ganz aus zusammen geschobenem Treibeis besteht das in der Richtung des Spornes am linken Canalufer durch massenhafte Anhäufung den Wasserstrom in den Canal lenkt, wodurch hier der höhere Wasserstand verursacht wird. Grösste Dicke des Eises mit Horizontalflächen 18″. Ein wenig

Treibeis schwimmt unterhalb der Eisdecke in den offenen Canal. Temp. der Donau und Wien 0·0.

21. Jänner. So lange die starken Fröste anhielten, hat sich das Wasser der Wien fast täglich theilweise über die am Grunde des Bettes aufsitzende Eisdecke ergossen und es bildete sich eine neue Eisschichte an der Oberfläche, so dass die Eisdecke an den Ufern bis zu 20″ Höhe anwuchs. Seitdem es am Tage thaut, ist die Eisdecke über dem Rinnsale des Flusses allmählich geschmolzen und bildet an beiden Ufern über den Fluss gespannte Wölbungen mit horizontaler Oberfläche, welche ober der Mitte des Flusses offen sind. Eine Temperaturerhöhung des Wassers um wenige Zehntelgrade reichte zum Schmelzen der mächtigen Eisdecke hin, welche von dem Wasser bespült wurde.

22. Jänner. Bei Besichtigung eines Theiles der Eisdecke über die Donau, welcher sich zunächst an jenen anschliesst, der vom Landungsplatze in Nussdorf übersehen werden kann (s. 15. Jänner) hat sich Folgendes ergeben: Ein mehr oder weniger buchtiger und eckiger Streifen zunächst der Stromlinie ist eisfrei[1]) und zieht sich von dem Sporne des linken Canalufers bei Nussdorf in der Nähe des rechten Stromufers und fortwährend an Breite im Verhältniss zur Strombreite zunehmend, unter den beiden Brücken, welche nach Floridsdorf führen, eine bedeutende Strecke über die Eisenbahnbrücke hinaus, wo er in einer breiten Eisbucht am linken Ufer sein Ende erreicht. Von der oberen Brücke sind drei, von der unteren, über welche die Eisenbahn geht, die mittleren fünf Joche eisfrei; sonst ist der Strom überall mit Eis bedeckt, welches eine sehr ungleichförmige Decke bildet und stellenweise, besonders am linken Ufer unter der oberen Brücke durch den Eistrieb massenhaft (bis 9′ Höhe über dem Wasserspiegel) angehäuft ist. Der mittlere Donauarm (Kaiserwasser) und der bei seichtem Wasserstande ebenfalls blinde Arm bei Floridsdorf sind nur mit Spiegeleis, welches nicht dicker als auf stehendem Wasser sein dürfte, bedeckt.

26. Jänner. Im Donaucanale wieder mehr Treibeis als früher, welches aber noch immer keine Flarden bildet, sondern aus losen Nadeln, Blättchen und ihren Verbindungen besteht, die in Folge ungleicher Stromgeschwindigkeit sich an einander reiben.

Die Eisdecke der Wien lagert nur noch über Sandbänken, über dem Rinnsale des Flusses ist sie ganz geschmolzen. Temp. Max. + 2°8. Min. + 4°7.

27. Jänner. Donau. Im Canale alles Treibeis verschwunden, obgleich die Temperatur des Wassers nur + 0°1 beträgt. Stand 1′ 6″.

Das Wasser der Wien wird trübe. Temp. Max. + 2°8. Min. + 1°2.

28. Jänner. Donau. Höhe 1′ 7″. Temp. + 0°4. Etwas Treibeis in dünnen Schollen.

29. Jänner. Donau. Höhe 1′ 6″. Temp. + 0°4. Treibeis in einzelnen Schollen.

30. Jänner. Temp. Max. + 5°2. Min. + 0°8. Treibeis in einzelnen kleinen Schollen.

---

[1]) Obgleich seit 12. die Lufttemperatur an keinem Tage über + 1°2 stieg.

31. Jänner. Auf der Wien Eisgang in einzelnen seltenen, aber grossen Schollen, welche sich vom Grunde des Bettes ablösen. Farbe des Wassers graubraun. Temp. Max. + 6°2. Min. + 3°2.

Wasser der Donau schon trübe und von ochergelber Färbung.

1. Februar. Der Wasserstand der Wien hat gestern um Mittag mit + 2′ 9″ das Maximum erreicht, heute war er bereits auf + 2′ gefallen. Nachdem der Eisgang aufgehört hat, erhob sich die Temperatur des Wassers schnell auf + 3°7. Temp. Max. + 7°8. Min. + 4°8. Da der seit der ersten Eisbildung am 13. November bis Ende Jänner gefallene Niederschlag nicht weniger als 43″73 P erreichte, so ist anzunehmen, dass derselbe fast ganz verdunstete oder einsickerte, zumal der an den beiden letzten Tagen gefallene Regen allein 10″42 betrug.

Auf der grossen Donau erfolgte der Eisgang heute in den ersten Morgenstunden [1]) und dauerte fort, ohne dass das Wasser eine bedeutende Höhe (etwa 3′ über Null) erreichte. Der Canal wurde aus letzterer Ursache eine bedeutende Strecke von der Einmündung abwärts so mit Eismassen verlegt, dass der Zufluss des Wassers fast ganz aufhörte und um 3 Uhr Abends der Wasserstand nur — 1′ 0″ war (unter Null), also seit gestern um 3′ gesunken.

Die Eismassen, welche bei Nussdorf aus der grossen Donau in den Canal geschoben wurden, erreichten des seichten Wassers wegen nicht die hölzerne Brücke (welche zum Augarten führt), weil sie auf den Sandbänken sitzen blieben. Man sah Eismassen lagern, welche fast 6′ Dicke erreichten; die oberste Schichte bestand gewöhnlich aus festem Tafeleis, welches nicht über 1′ dick war; die tieferen Schichten waren schneeartig und bestanden blos aus porösem Treibeis, dem sogenannten Dust, und ragten nach dem Aufhören des Zuflusses aus der grossen Donau mehrere Fuss hoch über den Wasserspiegel.

2. Februar. Bis 2—3 Uhr Abends hat sich der Wasserspiegel im Donaucanale wieder so weit erhoben (+ 0′ 9″), dass die im oberen Theile am Grunde aufsitzenden Eismassen flott zu werden anfingen und fortschwammen. Temp. Max. + 5°3. Min. + 1°4.

Eisgang im Donaucanale in zerstreuten Schollen, welche bis 16″5 dick sind. Temp. Max. + 2°7. Min. + 0°3.

4. Februar. Eisgang im Donaucanale aufgehört [2]). Temp. Max. + 4°3. Min. — 0°1.

8. Februar. Die Eisdecke stehender Gewässer ganz geschmolzen, wozu ausser der hohen Temperatur des vorhergehenden Tages der Sturm am meisten beitrug. Am 7. Temp. Max. + 7°8. Min. + 7°3. Am 6. Max. + 7°8. Min. + 3°5.

13. Februar. Während gestern im Donaucanale noch keine Spur von Treibeis zu bemerken war, schwamm es heute, da der Canal gegen den Hauptstrom offen ist, in grösserer Menge als je im heurigen Winter und bedeckte 0·3 der Stromfläche. Es bestand theils aus losen zusammenhängenden Massen von Eisblumen, theils aus schollenförmigen Flarden des Eisdustes mit fest zusammengefrorner Oberfläche und wulstigen Rändern, entstanden durch eine kreisende Reibung der Schollen, welche daher auch abgerundet waren. Sie vergrösserten sich schon während des Treibens durch Zusammenschieben.

[1]) Nach amtlichen Berichten Tags zuvor.

[2]) Nach amtlichen Berichten erst am 6.?

Temperatur-Extreme. Am 12. Max. —3°2. Min. —6°1. Am 13. Max. —6°0. Min. —7°2.

Selbst die Wien führte etwas Treibeis und war auf beträchtlichen Strecken bereits mit Eis überbrückt.

14. Februar. Treibeis im Donaucanale wie gestern. Die Flarden bedeutend grösser, durch grössere Wasserflächen getrennt, mehr über den Wasserspiegel hervorragend, auch die Wülste an den Rändern höher. Spuren von Grundeis darin. Temp. Max. —4°7. Min. —9·0.

15. Februar. Wie gestern. Die Flarden seltener, doch um so grösser und dichter. Temp. Max. —1°6. Min. —9°3.

Die Wien fast ganz mit Eis bedeckt.

19. Februar. Vom Treibeise auf der Donau sind nur noch spärliche Reste übrig, obgleich die Nachtfröste anhalten — weil das Temperatur-Maximum gestern + 5°8 erreichte.

20. Februar. Treibeis auf der Donau aufgelöst. Es schwimmen nur einzelne wenige vom Ufer abgelöste Eisschollen. Temp. Max. —0°2. Min. —1°2.

Eisdecke der Wien über den Sandbänken noch 4″ stark, über dem Wasserspiegel hingegen kaum mehr tragbar für Menschen.

3. März. Die seit 1. bereits offenen Stellen stehender Gewässer, wie des grossen Bassins im oberen Belvedere, sind wieder mit Eis überzogen. Temp. Max. + 2°9. Min. —1°7.

6. März. Die Eisdecke dieses Bassins ganz geschmolzen. Temperatur des Wassers + 2·0. Lufttemp. Max. + 3°8. Min. + 0°2. Tags zuvor waren die Extreme + 7°7 und + 1°3.

6. März. Die gestern hie und da noch 2″ starke Eisdecke stehender Gewässer ist gänzlich aufgelöst. Temp. Max. + 6°8. Min. + 0°7.

Über die Eisdecke stehender Gewässer sind auf einem Bassin im botanischen Garten die folgenden Beobachtungen im Laufe des verflossenen Winters angestellt worden. Vom 12. Februar angefangen ist ausser der Gesammtstärke $=E$ (in österreichischen Zollen) auch noch die Stärke des Eises angegeben, welches sich auf einer Stelle von einigen Quadratfuss Fläche, an welcher täglich einmal das Eis entfernt worden ist, binnen 24 Stunden gebildet hatte $=E'$. Die Beobachtungszeit war 3 Uhr Nachmittag.

	E		E		E	E'
13. November	0″3	20. December	4″7	10. Februar	0″0	
27. „	0·0	22. „	4·7	11. „	1·4	
28. „	0·3	26. „	7·2	12. „	1·6	0″6
30. „	0·7	30. „	8·4	13. „	2·0	1·3
2. December	0·7	1. Jänner	10·0	14. „	2·7	2·0
5. „	2·5	3. „	10·4	15. „	3·5	2·0
11. „	4·0	6. „	10·5	16. „	4·0	0·4
12. „	4·0	13. „	8·0?	17. „	4·0	0·3
14. „	4·5	19. „	9·3[1]	18. „	—	0·0
17. „	4·5			19. „	3·3	0·1?

[1]) Von 6″ abwärts noch mit Wasser imprägnirt.

	E	E'		E	E'		E	E'
20. Februar	3'2	0'3	28. Februar	3'0	0'5	8. März	2'0	0'8
21. „	3·4	0·7	1. März	2·6	0·0	9. „	0·0	0·0
22. „	3·7	0·4	2. „	2·4	0·0	17. „	0·0	0·0
23. „	4·0	0·9	3. „	2·2	0·4	18. „	0·25	0·25
24. „	3·7	0·4	4. „	2·0	0·15	19. „	0·0	0·0
25. „	3·2	0·2	5. „	1·5	0·1	20. „	0·27	0·27
26. „	3·0	0·6	6. „	1·0	0·07	22. „	0·1	0·1
27. „	—	0·7	7. „	1·5	0·6	23. „	0·0	0·0

1854/55.

30. October. Das Thermometer sank heute zum ersten Male im Herbste unter den Gefrierpunkt, ohne dass sich auf Lacken Eis bildete, weil das Temperatur-Maximum gestern noch + 8°7 betrug.

12. November. Erste Eisdecke stehender Gewässer, 0'1 dick, bestehend aus zusammengefrornem Schnee. Temperatur des Wassers wenige Zolle unter der Oberfläche dennoch + 2° an beschatteten, und + 2°5 an besonnten Stellen. Temp. Max. + 1°3. Min. — 2°7.

13. November. Bassin am oberen Belvedere noch ganz offen, selbst kleinere Bassins noch theilweise, so weit sie dem Sturm ausgesetzt waren. Temp. Max. — 2°3. Min. — 3°7.

An den Ufern der Wien bereits Eiskrusten.

14. November. Wienfluss gestaut durch Eisbrücken. Temp. Max. — 0°2. Min. — 5°5.

15. November. Wienfluss fast ganz mit Eis bedeckt. Temp. Max. + 0°4. Min. — 6°3.

17. November. Auf der Donau noch immer kein Treibeis angelangt. Temp. Max. + 8°1. Min. — 3°3.

19. November. Eisdecke der Wien ganz aufgelöst. Temp. Max. + 5°3. Min. + 0°3.

28. November. Auf stehendem Gewässer bildet die Schneedecke von 2", welche sich heute gebildet hat, eine hohe Schichte, die so compact und rühe ist, dass sie sich schneiden lässt. Eisdecke fast ganz aufgelöst. Temp. Max. + 2°3. Min. — 0°4.

29. December. Breite Eiskrusten an den Ufern der Wien. Temp. Max. + 0°6. Min. — 2°2.

3. Jänner 1855. Am Ufer des Wienflusses wieder Eiskrusten im Entstehen. Temp. Max. + 2°2. Min. — 0°2.

11. Jänner. Am Wienufer Eiskrusten. Temp. Max. + 2°1. Min. — 1°0.

13. Jänner. Ufereis der Wien bereits mehrere Fuss breit, doch noch keine Eisbrücken. Dagegen schwimmt Treibeis.

14. Jänner. Die Wien grösstentheils mit Eis überdeckt. Am Ufer der Donau (Canal) zwar Eiskrusten, aber noch nicht eine Nadel Treibeis. Temp. Max. — 1°3. Min. — 5°0.

13. Jänner. Seit gestern zunehmende Stauung des Wassers der Wien in Folge der Eisbildung. Die Donau führt zum ersten Male Treibeis in diesem Winter, welches etwa ein Viertheil der Wasserfläche bedeckt und grosse Flarden bildet, die mehrere Zoll dick sind. Temp. Max. — 4°7. Min. — 6°8.

16. Jänner. Die Donau (im Canale) führt mehr Treibeis als gestern, indem 0·3 — 0·4 der Wasserfläche damit bedeckt sind. Die Flarden sind nun abgerundet und mit wulstigen Rändern versehen in Folge der gegenseitigen Reibung, auch viel grösser und dichter, indem die kleineren durch Ungleichheiten der Stromgeschwindigkeit zusammengeschoben werden und wechselseitig anfrieren, wie die bogenförmigen Eiskrusten an der Oberfläche der grossen Flarden augenscheinlich zeigen. Das Ufereis bildet nach Massgabe der Stromgeschwindigkeit und Tiefe des Wassers Streifen in der Breite von wenigen Fussen bis zu mehreren Klaftern.

17. Jänner. Beeisung der Donau fortschreitend wie gestern. 0·8 der noch offenen Wasserfläche mit Treibeis bedeckt, welches bereits Eisschollen gleicht, da es bis einige Zoll unter die Oberfläche zu solidem Eis erstarrt ist.

18. Jänner. Während der vorigen Nacht bildeten sich im Donaucanale die ersten Eisbrücken, welche das Treibeis zum Stauen brachten. Da der Wasserstand beträchtlich abnahm, so scheint auch die obere Mündung des Canals in die grosse Donau mit Treibeis verlegt zu sein, welches selbst bei der Ferdinandsbrücke, wo die ersten Eisbrücken sich gebildet zu haben scheinen, partienweise am Grunde aufsitzt und den tiefen Wasserspiegel fusshoch überragt. Temp. Max. — 4°0. Min. — 7°3; gestern aber bereits — 14°1.

23. Jänner. Der Donaucanal ist von der Ferdinandsbrücke bis zur oberen Mündung bei Nussdorf mit Eis belegt, welches grösstentheils aus Flarden von Treibeis besteht, die zum Theil auf dem Grunde aufsitzen. Die vielen Zwischenflächen sind mit Tafeleis bedeckt, welche 0—5″ stark ist. Die Vermuthung, dass die Canalmündung mit Treibeis verlegt ist, wurde heute durch die Beobachtung bestätigt. Die grosse Donau, so weit sie von dem Schutzdamme bei Nussdorf übersehen werden kann, ist bis auf mehr oder weniger breite Eiszonen, welche die Ufer einfassen, offen und führt Treibeis in zerstreuten und abgerundeten Flarden, welche höchstens 0·2 der Stromfläche bedecken.

25. Jänner. Anhaltende Erhöhung des Wasserspiegels der Wien um mehr als ½′ durch Stauwasser.

3. Februar. Die schnelle Zunahme der Eisdecke der Wien hat das unter ihr befindliche Bett des Flusses so sehr verengt, dass das Wasser die Eisdecke theilweise gesprengt hat und sich darüber ergiesst. Die Stauung durch die Eisdecke erreicht bereits 1′.

7. Februar. Die fortdauernde Stauung durch zunehmende Eisbildung bewirkte vor einigen Tagen bereits einen Wasserstand der Wien von + 0′ 9″5, also im Ganzen eine Erhöhung von 1′ 4″ seit der ersten Eisbildung. Seitdem ist der Wasserstand in Folge einer langsamen Auflösung der Eisdeke, in welcher sich das Bett des Flusses allmählich erweitert, wieder im Abnehmen.

22. Februar. In der Nacht vom 21.—22. bildete sich bei der grossen Taborbrücke die erste Eisbrücke, wodurch das Treibeis, welches am 16. auf der eisfreien Donau neuerdings entstand und seitdem fortwährend zunahm, zum

ersten Male im heurigen Winter dort zum Stehen kam. Die grosse Donau ergoss sich hierauf in den Canal, durchbrach die Eisdecke, welche sich am 18. Jänner gebildet hatte, führte sie fort und bewirkte eine Erhöhung des Wasserspiegels um nicht weniger als 9′ 4″. Am 21. war nämlich der Stand im Canale 1′ 7″ unter Null, am 22. hingegen 7′ 9″ über Null. Temp. Max. am 21. —2°2. Min. — 6°0. Das letztere war am 20. —13°7, am 19. — 10°7.

24. Februar. 4 Uhr 45 Min. Stand + 6′ 8″. Die Donau im Canale beginnt Eisschollen zu führen; ein Zeichen, dass der Eisdust, auf welchem sie lagern, in Folge der milderen Temperatur bereits zu schmelzen beginnt. Da der Wasserstand sich seit gestern auf gleicher Höhe hielt, so scheinen die treibenden Eisschollen nicht von der Eisdecke im Hauptstrome, sondern blos von den Canalufern sich abgelöst zu haben. Temp. Max. + 3°0. Min. — 3°3.

25. Februar. Der Donaucanal ist, wie bereits oben angeführt wurde, des hohen Wasserstandes wegen eisfrei. Es treibt nur etwas Eisdust in kleinen Flarden, zuweilen schwimmen auch Schollen von Grundeis mit eingefrornem Flussgeschiebe. Der Wasserstand in Abnahme, um 9 Uhr 15 Min. 5′ 5″, um Mittag 5′ 6″ über Null, also bereits 2′ 4″ tiefer als am 22., weil die mildere Temperatur die Auflösung des Dustes im Hauptstrome begünstigt.

Das Kaiserwasser ist zwischen der ärarischen und Eisenbahnbrücke, dann eine Strecke über ersterer aufwärts mit geborstenem Tafeleis bedeckt, welches höchstens 10″ dick und weiter aufwärts zertrümmert zu einem Walle zusammengeschoben ist, der die Eismassen umgibt, womit dieser Arm bis zur Einmündung aus dem Hauptstrome ganz bedeckt ist.

Der Hauptstrom ist oberhalb der beiden Brücken bei Floridsdorf bis auf einen etwa fünf Klafter breiten, mehr oder weniger ausgebuchteten Streifen des Stromes, der sich über Nacht gebildet haben soll und sich zwischen dem dritten und vierten Joche der oberen Brücke (vom rechten Ufer aus) fortzieht, dann ansehnlich erweitert und unter der Eisenbahnbrücke zwischen dem neunten und eilften Joche fortsetzt, mit Massen von Eisdust, welche zu einer Klafter hoch über das Niveau aufgethürmt sind, bedeckt, so dass er einem mit Schnee bedeckten Gletschermeere nicht unähnlich ist. Temp. Max. + 1°3. Min. —5°0.

26. Februar. Wienfluss. Das Thauwasser beginnt über die Eisdecke zu fliessen. Temp. Max. + 4°9. Min. + 0°1.

Donau im Canale 4 Uhr Abends. Stand 5′ 4″. Zwischen kleinen und lockeren Flarden von Eisdust schwimmen einzelne grosse Brocken von Packeis, welche Conglomerate von eckigen Eisschollen und Eisdust enthalten.

27. Februar. Wienfluss. Die Eisdecke, bereits gehoben und geborsten, fing um 5 Uhr Abends bei einem Wasserstande von 2′ beiläufig, stückweise abzugehen an. Bis 8 Uhr Abends stieg aber das Wasser auf 3′ 6″. Temp. Max. + 7°6. Min. + 1°8.

Donau im Canale um 4 Uhr 30 Min. Abends. Stand + 7′ 9″, seit gestern um 2′ 5″ gestiegen. Treibender Eisdust und Brocken von Packeis, letztere aber viel grösser und zahlreicher wie gestern, oft in zahlreichen Gruppen anlangend, mehrere Quadratklafter grosse schwimmende Eisinseln bildend.

28. Februar. Die mehr als fussdicke Eisdecke der Wien wurde durch die Gewalt der Strömung grösstentheils stückweise aufgerissen und sammt dem

Materiale des Grundes, mit welchem sie fest verbunden war, theils fortgetrieben, theils über seichteren Stellen, an Ufern, Brückenpfeilern u. s. w., aufgeschichtet. Man sah nicht selten fussdicke Eistafeln bis zu fünf horizontalen Schichten über einander gelagert, auf einer Sandbank aufsitzen. Das Gerüst der im Bau begriffenen Brücke (Radetzky-Brücke) an der Mündung in den Donaucanal hielt den Abzug des Eises auf und bewirkte eine Anhäufung desselben bis zur Mündung des Neustädter Schifffahrtscanals (nahe bei der Stubenthor-Brücke).

Der Wasserstand im Donaucanale um 4 Uhr 15 Min. Abends nur 1′ 7″ über Null, also seit gestern um 6′ 2″ gefallen, weil wahrscheinlich die Eismassen im Hauptstrome abzogen [1]) und die Strömung des Wassers wieder durch diesen die Richtung nehmen konnte. Zuvor erreichte im Canale der Wasserstand 7′ 9″ über Null, also jene Höhe, welche auch am 22. durch den im Hauptstrome sich stellenden Eisstoss veranlasst worden ist. Einem Streifen von Eisdust an den Ufern nach zu urtheilen, trieb gestern am Abend bei einem Wasserstande von 6′ 6″ über Null Eisdust in dicht gedrängten Massen durch den Canal.

3. März. Durch den Eisgang hat das Bett der Wien grosse Veränderungen erlitten. Vertiefungen füllten sich aus, wo die aufgeschichteten Eisschollen den Wasserstrom ablenkten; neue wurden gebildet, wo die Eisdecke mit dem Grundmateriale verbunden war und mit diesem fortgeführt wurde oder der Wasserstrom durch aufgeschichtete Eistafeln verengt worden ist. An dem Orte, wo gewöhnlich die Wasserhöhen gemessen wurden, fand eine vollständige Ausgleichung der seit dem Herbste 1853 bis zum Herbste 1854 allmählich eingetretenen Vertiefung um 7″ Statt.

18. Mai. Um 5 Uhr Morgens stellte sich ein Landregen ein, der bis am 20. um 7 Uhr Morgens anhielt. Die Menge des Niederschlages betrug

bis 18. Mai	2 Uhr	Nachmittag	2·54 p.
„ 19. „	2 „	„	20·17 „
„ 20. „	2 „	„	10·14 „
		Summe	32·85 p.

Am 17. um 4 Uhr Abends war der Wasserstand der Wien nur noch 0′ 1·3 unter Null, d. h. so viel fehlte bis zum Niveau der Wehre an der Bärenmühle. Selbst am 18. war das Wasser erst einige wenige Zolle gestiegen. Am 19. Mai dagegen waren die Höhen des Wassers bereits folgende:

Um	8 Uhr	Morgens	7′ 9″ über Null,
„	10 „	„	6 6 (beträchtlich gefallen) .
„	Mittag		7 9 (wieder gestiegen)
„	5 Uhr	Abends	8 0
„	6 „ 45′	„	8 5 (Maximum).

Dann fiel das Wasser wieder schnell ab; es wurden folgende Stände notirt:

Am	19. Mai	7 Uhr 30′	Abends 6′ 8″
„	20. „	10 „	Morgens 3 0
„	20. „	4 „	Abends 1 5

[1]) Nach den amtlichen Berichten erfolgte der Eisgang bei Nussdorf Tags zuvor und hörte mit dem heutigen Tage auf.

Seit der verhängnissvollen Überschwemmung am 18. Mai 1851 hat die Wien nicht eine so bedenkliche Höhe erreicht, jedoch war damals der Stand 14′ 6″. Merkwürdigerweise trifft die Zeit beider Überschwemmungen fast auf den Tag zusammen. Die Regenmenge, welche damals in den drei Tagen vom 16.—18. Mai herabfiel, erreichte, auf die Erdoberfläche oder eigentlich auf den im Garten des Theresianums aufgestellten Regenmesser reducirt, 44″89 p. Am nächsten kommt der heutigen die Wasserhöhe vom 23. September 1851, obgleich nur 11″27 p. Regen fiel (wenigstens über Wien). Der Boden war aber in Folge der häufigen Regengüsse im verflossenen Sommer mit Wasser gesättigt.

Die ganz in der Nähe beobachteten Wirkungen der letzten Regenfluth der Wien (18.—20. Mai 1855) auf die Ufer und Sohle des Flussbettes waren folgende: Am Steg des Wiedner Theaters wurde die Sohle wenigstens um 1′ vertieft, am rechten Ufer der Elisabethbrücke hingegen bis um 3′ erhöht. Es bildete sich oberhalb dieser Brücke eine mächtige Schotterbarre, welche das Wasser bis zum Theatersteg hinauf staute und den Stromstrich an die linke Quaimauer der Elisabethbrücke drängte, welche dort beinahe in Gefahr ist, unterwaschen zu werden. An dem Roste des Quai beim Verbrennhause am Glacis erhöhte sich die Sohle um 8″, wodurch der Stromstrich eine günstige Ablenkung gegen die Mitte des Bettes erhielt, während unter der Karolinenthor-Brücke (am Wasserglacis) die Sohle um 6″ vertieft wurde, so dass sich auf dieser kurzen Strecke eine Niveau-Änderung von 14″ herausstellt. Wie diese im Allgemeinen auf die Uferböschung wirkte, ist aus den Erdsenkungen und theilweise zerstörten Ufermauern zu beurtheilen.

10. Juni. Obgleich in Wien bei einem Regenguss 20″28 p. Wasser fielen, stieg der Wienfluss dennoch nur um 7″. Ohne Zweifel erstreckte sich der Niederschlag nicht weit über das Weichbild der Stadt hinaus, wenigstens auf der Westseite.

27. August. In Folge eines Regengusses wurde die Wien auf 2′ 8″ über Null geschwellt. Niederschlag 6″48 p.

6. September. Von 0 Uhr 30 Min. bis 1 Uhr 25 Min. Morgens fiel Gussregen, dann anhaltender Regen bis gegen 9 Uhr Morgens. Der Niederschlag erreichte 12″75 p. und schwellte den Wienfluss auf 4′ über Null.

Im Winter 1854/55 wurden so wie im vorigen Jahre Beobachtungen über die Eisdecke stehender Gewässer angestellt — um dieselbe Tageszeit und auf demselben Bassin im botanischen Garten. *E* bedeutet wieder die Gesammtstärke der Eisdecke, *E′* die Dicke des 24stündigen Eises an einer offen gehaltenen Stelle von einigen Quadratfuss Fläche.

November 1854			November 1854			November 1854		
	E	E′		E	E′		E	E′
12.	0″1	0″1	18.	1″4	0″0	26.	0″5	0″0
13.	0·8	—	19.	1·1	0·0	28.	0·0	0·0
14.	1·7	1·2	20.	1·2	0·2	29.	0·7[1])	0·25[1])
15.	2·2	0·8	22.	1·7	0·7[2])	30.	0·0	0·0
17.	2·6[1])	0·2	23.	1·5	0·0			

[1]) Verstärkt durch gefrornen Schnee. [2]) Zwei Tage zusammen.

December 1854			Jänner 1855.			Februar 1855.		
	E	E'		E	E'		E	E'
5.	0'0	0'0	19.	5'7	1'3	19.	9'3	1'25
6.	0·2	0·2	20.	5·9	0·6	20.	10·0	2·0
7.	0·3	0·1	21.	6·0	0·75	21.	10·2	0·6
8.	0·45	0·45	22.	—	0·7	22.	10·0	0·8 [1]
9.	0·5	0·2	24.	5·9	—	24.	10·0	0·6 [2]
11.	0·0	0·0 [2]	25.	6·0	0·8	25.	9·9	0·7
12.	0·4	0·4	26.	6·0	0·8	26.	—	0·0
21.	0·65 [1]	0·34	28.	6·1	0·0	27.	8·8 [3]	0·0
22.	1·0	0·4	30.	6·9	1·9 [2]	März 1855.		
23.	0·0	0·0	Februar 1855.				E	E'
24.	0·17	0·17		E	E'	1.	7'7	0'75 [6]
25.	0·0	0·0	3.	9'05	1'7	2.	6·9	
28.	0·0	0·0	4.	9·4	1·2	3.	6·5	
29.	0·3	0·3	5.	9·45	0·75	4.	5·9	
30.	0·9	0·62	6.	—	0·0	5.	4·0	
31.	0·94	0·04	7.	9·2	0·0	6.	3·5	0·3
Jänner 1855.			8.	8·8	0·1	7.	—	0·4
	E	E'	9.	8·8	0·75	8.	3·0 [7]	0·0
9.	0'0	0'0	10.	8·3	0·4	9.	—	0·1
10.	0·34	0·34	11.	8·6	0·8	11.	—	0·3
12.	0·5	0·35 [2]	12.	8·6	0·4	12.	3·5 [8] / 0·6 [9]	0·4
13.	1·5 [1]	0·8 [1]	13.	8·6	0·75			
14.	2·6	1·4	14.	8.4	0·1	13.	0·5 [9]	0·2
15.	3·8	1·5	15.	8·1	0·25	14.	—	0·1
16.	4·3	1·9	16.	7·4 / 8·7 [4]	1·25	15.	0·9 [9]	0·2
17.	4·8	2·0				17.	1·7	—
18.	5·3	0·75	18.	8·9	0·75	18.	0·0	—

1855/56.

21. November. Stehende Gewässer zum ersten Male mit einer dünnen Eisrinde überzogen, welche sich aber im Laufe des Tages auflöste. Temp. Max. — 0°1. Min. — 4°3.

26.—27. November. In der Nacht bildete sich eine zollstarke Eisdecke, welche sich erhielt und auf seichtem Stauwasser der Wien bereits tragbar für

---

[1]) Verstärkt durch gefrornen Schnee.

[2]) Zwei Tage zusammen.

[3]) Von nun an durch Bohrung bestimmt, nicht wie früher durch Aufhacken.

[4]) Verstärkt durch an der Oberfläche gefrornes Thauwasser.

[5]) Thauwasser darüber 2".

[6]) Vom Thauwasser.

[7]) Reste.

[8]) Alt.

[9]) Neu.

Menschen wurde. Am 26. Temp. Max. — 0°2. Min. 4°6. Am 27. Temp. Max. + 0°2. Min. — 6°1.

4. December. Die obere Mündung des Donaucanals in den Hauptstrom (bei Nussdorf) ist bereits mit angeschobenem Treibeis verlegt, im Canale daher nur dünnes, im Entstehen begriffenes Treibeis. Temp. Max. — 6°5. Min. — 12°9.

5. December. Eben so. Treibeis jedoch aus langen Flarden bestehend. Temp. Max. — 6°1. Min. — 15°1.

11. December. Das Wasser im Donaucanale ist im Steigen begriffen (bisher um 6″); ein Zeichen, dass die Stauung des Treibeises im Hauptstrome begonnen. Die Eisdecke im Canale beginnt desshalb zu bersten.

23. December. Die bereits $^2/_3$′ dicke Eisdecke des Donaucanals, grösstentheils aus Tafeleis bestehend, ist im Abgehen begriffen, nachdem sich das Wasser des Hauptstromes in Folge der Stauung des Treibeises in den Canal ergossen hat[1]). Um 4 Uhr war der Eisgang beendet, der Wasserstand 1′ 9″ über Null, somit seit gestern um 4′ 3″ gestiegen.

Temp. Max.	— 3°2.	Min.	— 8°8	am 23.	December,
„ „	— 8·6.	„	—14·8	„ 22.	„
„ „	— 9·8.	„	—13·1	„ 21.	„
„ „	—10·4.	„	—15·2	„ 20.	„
„ „	— 8·1.	„	—14·1	„ 19.	„

24. December. Wasserstand im Canale 2′ 0″ über Null. Es schwimmt nur wenig Eisdust, welcher unter der Eisdecke des Hauptstromes in den offenen Canal gedrängt wird.

25. December. Wasserstand 2′ 6″. Eisdust mit eingefrornem Sande.

26. December. Wasserstand 3′ 1″. Ausser diesem Eisdust schwimmen grosse Flarden von Packeis, weil wahrscheinlich die Eisbrücke gegen den Hauptstrom durchbrochen ist und das hier gestaute Treibeis sich stückweise abreisst und in den Canal getrieben wird. Temp. Max. — 0°2. Min. — 2°7.

27. December. Wasserstand im Canale 3′ 6″ über Null. Wenig schwimmender Eisdust.

28. December. Wasserstand 3′ 4″. Eben so mit einzelnen Flarden von Packeis. Temp. Max. — 1°0. Min. — 2°1.

29. December. Wasserstand 3′ 8″, wie am 27. Temp. Max. — 1°7. Min. — 2°8.

30. December. Wasserstand nur 2′ 6″, weil im Hauptstrome die mürbe Decke von gestautem Treibeis durchrissen wurde und sich der Wasserstrom durch dieselbe Bahn brach in der Breite von zwei Jochen am rechten Ufer der Floridsdorfer Brücke. An der Eisenbahnbrücke sind wechselweise sechs Joche offen oder mit Eis belegt. Der blinde Arm bei Floridsdorf, so wie das Kaiserwasser mit Tafeleis seit Eintritt der Kälte bedeckt. Der Hauptstrom noch immer mit gewaltigen Massen von Eisdust, theilweise auch mit scharfkantigen Schollen von Tafeleis, welche bis 1′ dick ist. Temp. Max. — 1°8. Min. — 3°5.

31. December. Wasserstand im Canale 2′ 0″ über Null. So wie gestern treiben Flarden von Eisdust.

---

[1]) In Übereinstimmung mit dem amtlichen Berichte der Station Nussdorf.

1. Jänner. Wasserstand 1′ 9″. Noch mehr.

2. Jänner. Wasserstand 1′ 6″. Noch mehr und zur Hälfte mit eingefrornem Grundmateriale. Temp. Max. — 2°7. Min. — 5°7.

3. Jänner. Wasserstand 1′ 3″, sonst wie gestern. Temp. Max. — 5°3. Min. — 7°1. Die Eisränder am Ufer beträchtlich an Breite zunehmend.

6. Jänner. Wasserstand 2′ 3″. Treibende Eisdustflarden ohne Grundmateriale. Temp. Max. + 0°3. Min. — 1°8.

Im Hauptstrome wie am 30. December.

7. Jänner. Wasserstand 2′ 6″ über Null.

8. Jänner. Wasserstand 1′ 9″. Etwas Eisdust mit grossen, langen, vom Ufer des Canals abgelösten Schollen, womit er früher garnirt war. Temp. Max. + 6°1. Min. — 0°7.

9.—16. Jänner. Wasserstand zwischen 1′ 0″ — 1′ 6″ über Null im Canale schwankend, wenig Eisdust treibend; vom 13. — 15., an welchen Tagen das Temperatur-Maximum — 2° bis — 3° betrug, mit Grundmaterial; an den übrigen Tagen stieg das Temperatur-Maximum wenigstens auf + 2°3.

In der Nacht vom 11.—12. stieg die Wien auf 2′, ohne dass die Eisdecke, welche sich bereits Tags zuvor bei 1′ Wasserstand gehoben hatte, brach; sie schmolz jedoch theilweise an Stellen mit starker Strömung.

Am 11. Temp. Max. + 4°6. Min. + 0°2.

26. Jänner. Eisgang der Wien. Temp. Max. + 7°0. Min. + 4°0.

28. Jänner. Eisgang der Donau [1]). Temp. Max. + 5°1. Min. + 2°4.

3. Februar. Die Donau beginnt neues Treibeis zu führen, welches am 4. bereits grosse Flarden bildete, deren Oberfläche fest gefroren war. An diesem und am folgenden Tage trieben dieselben im Canale dicht gedrängt.

	Temp. Max.	Min.
Am 3. Februar	— 0°3	— 7°1
„ 4. „	— 1·7	— 10·7
„ 5. „	— 1·7	— 10·2

6. Februar. Letztes Treibeis, an der grossen Donaubrücke bei Nussdorf noch am 8.

8.—9. Februar. Die Wien schwoll in der Nacht durch Regen- und Schneewasser um 3′ an. Niederschlag an Schnee seit Anfang Februar 5″58, an Regen 2″90, zusammen 8″48.

8. März. Stehende Gewässer wieder mit einer Eisrinde überzogen. Temp. Max. + 2°0. Min. — 6°8.

12. März. Diese Eisdecke wieder aufgelöst. Temp. Max. + 8°3. Min. — 0°3.

17. März. Stehende Gewässer wieder mit Eis bedeckt. Temp. Max. + 3°8. Min. — 5°2.

---

[1]) An der grossen Donaubrücke nach amtlichen Berichten seit 27. gegen Abend. Vom 28. December bis 23. Jänner waren auf der grossen Donau nur 6 — 7 Zehntel der Fläche mit Standeis bedeckt. Am 24. Jänner begann das Eis bereits theilweise abzugehen und scheint der Eisgang bis zur Bildung des neuen Treibeises am 3. Februar fortgedauert zu haben; bei Nussdorf bereits seit 22.

18. März. Die Eisdecke wieder aufgelöst. Temp. Max. + 4°8. Min. —4°0.

27. März. Die Bassins im Belvedere mit einer Eisrinde bedeckt, jedoch nur in den Morgenstunden. Temp. Max. + 4°4. Min. — 5°1.

6. Juli. Der 24stündige Regen schwellt den Wienfluss auf 4′ 6″ über Null. Niederschlag 15‴30.

5. August. Strichweise, doch entfernte Regengüsse. Von 7 Uhr 30 Min. bis 8 Uhr Abends stieg die Wien um 1′ 3″. Niederschlag 4‴59.

1856/57.

27. October. Auf stehenden Gewässern die erste Eisbildung. Temp. Max. + 7°8. Min. — 1°2.

7. November. Die Bassins im botanischen Garten und Belvedere blieben zum ersten Male den ganzen Tag hindurch grösstentheils mit einer dünnen Eisrinde bedeckt. Temp. Max. + 1°2. Min. — 1°2.

17. November. Die Bassins im Belvedere bleiben den ganzen Tag mit Eis bedeckt. Temp. Max. + 1°3. Min. — 3°8.

20. November. Seit gestern sind die Bassins im Belvedere und botanischen Garten mit einer zollhohen Eisrinde überzogen, so wie der Wienfluss mit Ausnahme jener Stellen, wo das Gefälle grösser ist.

Im Donaucanale kein Treibeis noch.

21. November. Die Donau führte heute im Canale das erste Treibeis. Temp. Max. — 0°0. Min. — 5°0.

24. November. Die Wien und die Donau im Canale stiegen seit gestern um 2′, obgleich die oberen Erdschichten bis zu bedeutender Tiefe in Folge lange anhaltender Dürre ausgetrocknet sind. Von einer Eisbildung auf beiden Flüssen keine Spur mehr. Temp. Max. + 8°4. Min. + 4°5. Vom 23.—25. Niederschlag an Regen 30‴68.

28. November. Die Wien führte heute wieder Treibeis, die Donau noch nicht. Das Stauwasser an der Mündung in den Donaucanal war bereits ganz mit einer neuen Eisdecke überzogen. Auch ausser dem Bereiche desselben bildeten sich bereits Eisbrücken. Temp. Max. — 4°0. Min. — 11°3.

30. November. Die Donau im Canale führt den ersten Eisdust, welcher jedoch blos aus geballtem Schnee, der zusammenfror, zu bestehen scheint und keine Flarden bildet, obgleich er sehr dicht treibt. Temp. Max. — 1°4. Min. — 4°0.

1. December. Die Donau führt im Canale ähnlichen Eisdust wie gestern, jedoch etwas weniger. Temp. Max. — 1°3. Min. — 3°4.

3. December. Im Donaucanale rinnt eigentliches Treibeis, bestehend aus Nadeln und Blättern, welche zusammengefroren sind und Flarden bilden, die heute bereits 8″ dick waren. Temp. Max. — 3°0. Min. — 9°8.

7. December. Im Donaucanale nahm das Treibeis bis gestern zu, heute ist es bereits grösstentheils wieder aufgelöst. Es bedeckte am 6. wohl ein Drittel der Wasserfläche, es schwammen bereits Complexe zusammengefrorner Flarden; die einzelnen waren abgerundet und hatten wulstige Ränder, entstanden durch

gegenseitige Reibung. Temp. Max. —0°8. Min. — 4°7. Am 4. Min. — 10°3, am 5. Min. —10°1.

8. December. Das Treibeis im Donaucanale ist fast ganz aufgelöst.

11. December. Im Donaucanale schwimmen seit 7. nur einzelne wenige kleine Eisschollen, welche von abgelöstem Ufereis herrühren.

15. December. Die Wien beginnt anzuschwellen, ohne dass bis 5 Uhr Abends die Eisdecke auch nur stellenweise durchbrochen wurde. Temp. Max. +4°8. Min. +2°8.

30. December. Die Wien ist theilweise wieder mit Eis bedeckt.

31. December. Die Donau führt auf einmal wieder Eisdust in grossen Flarden mit theilweise wulstigen Rändern, sie bedecken 0·4 der Wasserfläche; das Ufereis an seichten Stellen in schneller Zunahme. Temp. Max. +1°2. Min. —3°8.

1. Jänner 1857. Das Treibeis auf der Donau aufgelöst. Auch das Ufereis in Auflösung begriffen. Temp. Max. +3°6. Min. —3°6.

9. Jänner. In den Nachmittagsstunden im Donaucanale noch kein Treibeis, während die Wien grösstentheils wieder zugefroren ist und die Eisdecke auf stehenden Gewässern (z. B. am grossen Bassin im Belvedere) sich ununterbrochen seit November erhielt. Temp. Max. —2°7. Min. —9°0.

10. Jänner. Im Donaucanale 0·4 der Fläche mit grossen zusammengeschobenen Flarden von Treibeis bedeckt, welche an seichten Stellen aufzusitzen beginnen. Das Ufereis über seichten Stellen in schneller Verbreitung. Temp. Max. —7°7. Min. —12°2.

12. Jänner. In der Nacht von gestern auf heute kam das Treibeis im Donaucanale zum ersten Male in diesem Winter zum Stehen und überbrückt nun in dichten Massen beträchtliche Strecken, welche mit offenem Wasser wechseln.

Temperatur-Extreme.

	Max.	Min.
11. Jänner	—4°1	—11°4
12. „	—1·7	— 7·3

21. Jänner. Die Eisdecke im Donaucanale, in allmählicher Auflösung begriffen, wird stückweise fortgeführt, weil wieder mehr Wasser aus dem Hauptstrome in den Canal gelangt. Temp. Max. +0°2. Min. —4°4. Am 19. und 20. Jänner Max. +2°7.

22. Jänner. Die Eisdecke im Donaucanale hat sich von der Ferdinandsbrücke aufwärts durch Zuzüge von neugebildetem Treibeis ergänzt und auf eine ansehnliche Strecke verlängert. Temp. Max. —0°6. Min. —2°7.

23. Jänner. Der schnellen Abnahme des Wasserstandes im Donaucanale nach zu schliessen, ist die obere Mündung desselben mit Treibeis des Hauptstromes verlegt worden. Temp. Max. —1°3. Min. —3°8.

30. Jänner. Die Eisdecke der Wien ist überall, wo sie vom fliessenden Wasser berührt werden konnte, aufgelöst, in Folge allmählicher Schmelzung. Auch im Donaucanale greift die Auflösung der Eisdecke vom Stromstrich aus zu beiden Seiten um sich. Seit 24. Temp. Max. zwischen +0°4 bis +2°6. Min. zwischen 0°0 bis —2°8.

1. Februar. Im Donaucanale schwimmt wieder Eisdust, selbst unter der Eisdecke, deren Lücken dadurch allmählich ergänzt werden. Temp. Max. —0°8. Min. —4°6.

20. Februar. Im Donaucanale ist die in allmählicher Auflösung begriffene Eisdecke bei unbeträchtlicher Erhöhung des Wasserstandes abgegangen. Temp. Max. +0°2. Min. —2°2. Seit 12. ersteres —0°2 bis +4°6, letzteres +1°0 bis —6°8.

25. Februar. Nach amtlichen Berichten kam das Treibeis auf der grossen Donau vorübergehend nur am 9. Februar zum Stehen, vom 6.—8. bildete es bereits 0'4 Standeis, am 10. 0'7. Schwimmendes Treibeis führte der Strom vom 4.—7. December, 11.—14. und 23.—27. Jänner, dann vom 3.—13. Februar, mit Ausnahme der bemerkten Tage mit Standeis. Für die Station Nussdorf waren diese Perioden: 26. November bis 7. December, 30. December bis 1. Jänner, 10.—16. und 21.—27. Jänner, dann 31. Jänner bis 15. Februar und vorübergehend am 17. Februar. Das Standeis wurde nicht über 4" dick. Eine Eisbrücke entstand nicht.

12. März. Die Wien führt wieder Treibeis. Temp. Max. —0°5. Min. —4°0.

16. März. Bisher stieg das Thauwasser der Wien kaum über 1', heute hingegen auf 1' 6" in Folge des in vorhergehender Nacht bei schneller Temperaturzunahme gefallenen Regens. Temp. Max. +7°3. Min. +0°5.

19. März. Die Eisdecke der Bassins im Belvedere, welche sich seit Mitte November vorigen Jahres ohne Unterbrechung erhielt, ist endlich aufgelöst. Temp. Max. +6°4. Min. +2°0. An einzelnen Tagen wurden früher schon höhere Maxima beobachtet; seit 12. Februar blieb nur zweimal das Maximum unter Null. Durch Regen und Aufthauen des Gebirgsschnee's steigt die Wien auf +1' 7". Temp. Max. +5°5. Min. +3°3.

25. April. Die Wien, welche gestern Abends bis auf 4' 6" über Null gestiegen war und in dieser Höhe Uferbrüche veranlasste, ist wieder auf 1' 6" gefallen, weil der Schnee, welcher seit gestern mit Regen gemengt häufig fiel, im Gebirge nicht mehr aufthaute. Temp. Max. +2°6. Min. —0°2.

26. April. Die Wien stieg wieder bis auf mehr als 2' über Null.

28. April. Der Wasserstand der Wien hält sich zwischen 1' 6" und 2' 6" schwankend, letzteren Stand in den Abend-, ersteren in den Mittagstunden erreichend. Temp. Max. +8°3. Min. +2°0.

30. April. Die Wien stieg bis 8 Uhr Abends wieder bis auf mehr als 3' über Null und war noch im Steigen begriffen. Temp. Max. +8°6. Min. +4°3.

1. Mai. In vorhergehender Nacht erreichte die Wien fast 4' Höhe über Null. Am Tage sank das Wasser nicht unter 2' 6" und war gegen Abend wieder im Steigen begriffen. Niederschlag an Regen und Schnee seit 24. April =20"2, davon 15"60 schon in den ersten drei Tagen.

1. Juni. Den ganzen Tag anhaltender Regen, welcher die Wien bis gegen Abend auf 2' über Null schwellt. Niederschlag vom 31. Mai bis 2. Juni 14"01.

1857/58 [1]).

21. November. Seit 20. die Bassins im Belvedere mit Eis überzogen. Die Wien heute stellenweise bereits mit Eis überbrückt. Selbst die Donau im Canale an seichten Ufern mit Eis eingefasst. Temp. Max. — 1°5. Min. — 3°9.

29. November. Die Wien stand Abends 2′ über Null; eine geringe Höhe im Vergleich zu dem Niederschlage von 20"6 in den letzten drei Tagen, weil die Temperatur + 4°4 nicht überstieg.

15. December. Die Bassins im Belvedere wieder mit Eis bedeckt; eben so jedoch nur theilweise, die Wien. Temp. Max. + 1°7. Min. — 3°6.

23. December. Die Eisdecke im grossen Bassin am Belvedere, welche am 20. und 21. bereits als Schleifplatz diente, ist heute Abends ganz geschmolzen. Die der Wien war bereits gestern am Abend ganz aufgelöst. Temp. Max. + 6°9. Min. + 5°3. Ersteres gestern + 7°0.

29. December. Das grosse Bassin im Belvedere ist gegen Abend wieder mit Eis überzogen. Temp. Max. — 1°2. Min. — 4°2.

4. Jänner. Im Donaucanale das erste Treibeis, welches bereits Brücken zu bilden beginnt, da die Ufer ziemlich breit mit Eis eingefasst sind. Temp. Max. — 4°3. Min. — 7°6.

7. Jänner. Seit 6. ist die Eisdecke im grossen Bassin im Belvedere sowohl als im Donaucanale tragbar für Menschen.

9. Jänner [2]). Heute Morgens kam das Treibeis im Donaustrome zum Stehen, das Wasser stieg und ergoss sich in den Canal, durchbrach hier die Eisdecke und führte sie fort, wobei das Wasser 6′ 9″ stieg, aber hierauf wieder abfiel. Temp. Max. — 2°5. Min. — 9°3.

17. März. Heute zog unterhalb der Ferdinandsbrücke bei kaum erhöhtem Wasserstande die Eisdecke ab; ober der Brücke stockt das Eis noch heute Abends. Obgleich die Wien heute bis beinahe 3′ über Null stieg, war sie doch nicht im Stande, die starke Eisdecke fortzuführen, welche fast überall auf dem Grunde des Bettes aufliegt; nur einzelne Schollen zogen ab und an allen Brücken stockte der Eisgang, insbesondere beim Theatersteg, doch stieg auch hier das gestaute Wasser nicht mehr als 4′ über Null. Niederschlag während der Dauer des Eises 23"23. Heute Temp. Max. + 16°3. Min. + 2°2.

19. März. Die Eisdecke im Donaucanale ist bei kaum erhöhtem Wasserstande abgezogen. Auf der Wien erfolgte der totale Eisgang um 4 Uhr Nachmittags bei einem Wasserstande von kaum 3′ über Null. Temp. Max. + 8°4. Min. + 3°5.

21. März. Der Canal ist wieder frei von Eismassen und dauert der Eisgang wie im Hauptstrome fort bei einem Wasserstande, wie er im Sommer gewöhnlich ist.

[1]) Nach amtlichen Berichten war der Hauptstrom von der grossen Brücke aufwärts während der Zeit vom 8. Jänner bis 18. März inclusive ununterbrochen ganz mit Eis bedeckt und waren die zusammengeschobenen Eisschichten vor den Jochen der Brücke 3—17′ mächtig, bei Nussdorf hingegen nur bis 42″.

[2]) Nach amtlichen Berichten bereits am 8. bei Floridadorf, am 9. bei Nussdorf.

1858/59 [1]).

Zwar keine Beobachtungen verzeichnet, aber nach den unbeständigen Temperaturverhältnissen dieses Winters zu schliessen, konnte es auch zu keiner dauernden Eisbildung auf der Donau gekommen sein.

1859/60.

14. December. Das erste Treibeis auf der Donau. Temp. Max. —2°1. Min. —3°3. Seit 2. die Temperatur bereits bleibend unter dem Gefrierpunkt, wenn auch nicht unter —6°3.

18. December. Im Donaucanale schwimmt kein Treibeis mehr, weil sich wahrscheinlich bei Nussdorf Eisbrücken bildeten. Temp. Max. —4°1. Min. —11°3.

22. December. Nach dem um 5′ (von —2′ auf +3′) erhöhten Wasserstande im Donaucanale zu schliessen, kam das Treibeis auf der grossen Donau zum Stehen. Der Canal ist ganz frei von Eis und es schwimmt nur geringes Treibeis. Temp. Max. —5°2. Min. —8°7.

23. December. Bis heute hatte sich im Canal der Wasserstand bereits auf 6′ 3″ über Null erhoben, und demnach seit 21. bereits um 8′ zugenommen. Temp. Max. —6°0. Min. —9°2.

24. December. Wasserstand wieder nur wie am 22. Temp. Max. —5°8. Min. —7°6.

27. December. Um 8 Uhr Abends erfolgte der Eisgang auf der Wien bei einer Wasserhöhe von 4′ 6″ über Null. Die Eisdecke war nahe bei 1′ dick. Temp. Max. +2°8. Min. +0°9. Tags zuvor +4°8 und +2°4. Niederschlag während der Eisdauer 25″44, davon 7″52 Regen am 27.

28. December. Eisgang auf der Donau anfangs durch den offenen Canal, wobei das Wasser bis auf 6′ über Null stieg, aber schnell wieder bis auf 1′ herabfiel, als die Eisdecke bei Floridsdorf im Hauptstrome von dem schwellenden Strome durchbrochen wurde, was um Mittag geschah. Mächtige Treibeismassen (kein Tafeleis, sondern Eisdust) sassen überall im Canale am Grunde auf und ragten, nachdem das Wasser abgefallen war, wohl eine Klafter hoch über den Wasserspiegel empor. Temp. Max. +4°8. Min. —0°9.

29. December. Im Donaucanale stieg heute das Wasser bei mässigem Eisgange bis auf 9′ 0″ über Null [2]). Temp. Max. +3°6. Min. —2°7.

30. December. Wasserstand im Canale 5′ 9″ schwacher Eistrieb.

31. December. Wasserstand im Canale 2′ 9″. Eisgang beinahe aufgehört. Die Wien, welche seit dem Eisgange sich auf 1′ über Null hielt, stieg heute bis

---

[1]) An der grossen Donaubrücke wurde vom 19.—22. December, dann wieder vom 10. bis 19. Jänner Treibeis beobachtet, welches aber nicht zum Stehen kam, obgleich es vom 11.—13. Jänner bereits 0·9 der Stromfläche bedeckte.

Bei Nussdorf fand man vom 18. — 24. December und 9. — 19. Jänner Treibeis im Strome, welches aber nie mehr als 0·4 der Fläche bedeckte und 3″ Dicke nicht überschritt. (Amtlicher Bericht.)

[2]) Messungen täglich 4 Uhr.

5 Uhr Abends auf 1′ 6″ und führte Eisschollen, welche beim Eisgange sitzen blieben (am 27.). Temp. Max. + 8°1. Min. + 4°7.

1. Jänner. Grösster Wasserstand der Wien + 3′ 6″; um 3 Uhr Abends wieder nur 3′ 0″. Wasserstand im Donaucanale + 3′ 6″ um 4 Uhr Abends. Das Eistreiben mit der Wasserhöhe im Zunehmen. Temp. Max. + 10°2. Min. + 6°2. Seit 30. v. M. 4ˣ80 Regen.

12. Jänner. Die Eisdecke stehender Gewässer war vor Eintritt des Frostes wohl allenthalben von den Ufern abgelöst, bildete aber noch immer eine zusammenhängende Decke, welche seit 10. durch die neue Eisdecke vollständig ergänzt worden ist.

16. Februar. Die Donau führt zum ersten Male seit 1. Jänner wieder Treibeis. Temp. Max. + 1°3. Min. — 3°5. Seit 10. die Temperatur bleibend — 1°2 bis — 4°9 unter dem Gefrierpunkte.

20. Februar. Das Treibeis ist wieder aufgelöst, es bedeckte bei Nussdorf nie mehr als 0·4 der Stromfläche und kam nicht zum Stehen. Im stehenden Wasser wurde aber das Eis dennoch 4″ dick.

1860/61.

16. December. Das grosse Bassin im Belvedere mit Eis überzogen.

18. December. Man schleift auf der Eisdecke der Wien.

20. December. Man schleift auf der Eisdecke des grossen Bassins im Belvedere.

21. December. Es schwimmt im Donaucanale das erste Treibeis, bestehend in Flarden von Eisdust. Temp. Max. — 0°5. Min. — 7°0.

25. December. Die ersten Eisbrücken im Donaucanale, welche den Zuzug des Treibeises aufheben. Temp. Max. — 1°4. Min. — 5°4.

30. December. Die Eisbildung beginnt im Canale Fortschritte zu machen. Beim Hereinbrechen der grossen Donau am 3. Jänner kann jedoch die Eisdecke nur wenige Zolle stark gewesen sein. Temp. Max. — 4°6. Min. — 14°6.

3. Jänner. Abends kam das Treibeis auf der grossen Donau zum Stehen und staute das Wasser, welches sich zuerst in den Arm des Kaiserwassers ergoss und auch diesen ganz mit stockendem Treibeis anfüllte. Hierauf ergoss sich die grosse Donau in den Canal, sprengte die Eisdecke und schob sie fort. Die mächtigen Treibeismassen drängten nach. Da aber an der Mündung des Canals in die grosse Donau bei Kaiser-Ebersdorf die letztere bereits ganz mit gedrängten Treibeismassen bedeckt war, setzte sich der Eisstoss im Canal hier fest, Eismassen drängten sich nun an Eismassen, bis der Zuzug von neuem Treibeis am Eingange des Canals bei Nussdorf aufhörte. Die zusammengedrängten Eismassen, zuletzt nur aus Dust und gefrornem Schnee [1]) bestehend, bedeckten den Canal nun von der Mündung in die grosse Donau bis zum Gasometer herauf und stauten den Zug des Wassers.

4. Jänner. Um Mittag war der Wasserstand am Pegel der Ferdinandsbrücke 10′ 9″ [2]) über Null, somit nahe 13′ seit gestern gestiegen. Dabei eine

---

[1]) Am 1. fielen bei einer mittleren Temperatur von — 6° nicht weniger als 10″ Schnee, welche 7ˣ5 Wasser gaben.

[2]) Wenigstens war der Pfeiler bis zu dieser Höhe mit Eis überzogen, die Eisränder reichten aber nur bis 10′ 3″.

kaum merkliche Strömung des Wassers. Um 4 Uhr war der Stand auf 9′ 9″ gesunken und das Wasser strömte langsam, wie sonst bei einer Wasserhöhe in der Nähe des Nullpunktes. Es schwamm nur wenig Dust in lockeren Flarden; ein Zeichen, dass der Eingang in den Canal bei Nussdorf an der Oberfläche des Wassers mit gestautem Treibeis bedeckt war, von dessen Unterfläche die Strömung den treibenden Eisdust wegspülte und in den Canal führte.

Die Strömung des Wassers entstand wahrscheinlich, als sich unterhalb des Sophien-Kettensteges der Wasserspiegel im Canale über das Niveau der Praterwiesen erhob und über dieselben einen Abfluss fand. Temp. Max. —5°1. Min. —9°0.

5. Jänner. Um 4 Uhr Nachmittags fand ich den Wasserspiegel bereits mit dem Niveau des Dammes bei der Erdberger Linie gleich, obgleich das Wasser fast auf der ganzen Strecke vom Sophien-Kettensteg bis dorthin am linksseitigen Ufer in den Prater strömte. Temp. Max. —7°4. Min. —11°3.

Um 9 Uhr Vormittag soll der Wasserstand an der Ferdinandsbrücke 9′ 5″ gewesen sein.

6. Jänner. Um 4 Uhr Nachmittags sah man nur noch dem Ansageposten der Erdberger Linie gegenüber einen beträchtlichen Wasserstrom, welcher die hölzerne Umfriedung des Praters hart bei dem dortigen Fischerhäuschen in der Breite von mehreren Klaftern einriss, sich in den Prater ergiessen. Von dort bis zum Sophiensteg hinauf war bereits eine ununterbrochene, mit ein- bis zweitägigem neugebildetem Tafeleis bedeckte Wasserfläche zu sehen, genau im Niveau des Wasserspiegels im Canale. Gestern soll sich der Wasserspiegel um 3, heute um 4″ erhoben haben. Temp. Max. —6°8. Min. —9°0.

7. Jänner. Um 4 Uhr Abends keine wesentliche Änderung. Die Strecke des rechtsseitigen Dammes vom Gasometer bis nahe zum Ansageposten der Erdberger Linie ist 0 — 3′ tief mit Wasser bedeckt, welches bereits eine feste neue Decke von Tafeleis trägt, über welche man passirt. Eben so tief stehen die angrenzenden Holzgärten unter Wasser. Die Höhe des Wasserspiegels seit gestern unverändert dieselbe. Temp. Max. —4°9. Min. —7°2.

9. Jänner. 4 Uhr Abends. In den Verhältnissen nichts geändert; das Wasser jedoch um 2″ gefallen [1]), wahrscheinlich in Folge der milderen Temperatur seit gestern, welche die Auflösung oder Wegführung des Eisdustes einleitete, wo dieser mit dem strömenden Wasser in Berührung ist, wodurch demselben unter der Eisdecke des Canals mehr Raum zum Durchflusse geboten war.

Man sagt, dass die Donau bis Pressburg mit Eis, d. i. zusammengedrängtem Eisdust, bedeckt sein soll.

Die Eisdecke des Canals reicht wie früher bis zu der Gasse herauf, welche hinter dem Gasometer auf den Erdberg führt. Temp. Max. —1°4. Min. —5°0.

11. Jänner. 4 Uhr Abends. So wie früher, Wasserstand jedoch $^1/_2$″ höher. Die vermuthete Ursache der Abnahme des Wasserstandes bis 9. scheint demnach nicht begründet. Die Stromgeschwindigkeit scheint grösser geworden

[1]) Wird am fixen Zollstabe bei Wissgrill's Zimmerholzhof abgeschätzt.

zu sein. Statt Eisdust schwimmt Grundeis, d. i. zusammengefrorner, mit grobem Flusssand gemengter Dust. Möglich, dass aus der am 9. angeführten Ursache der Andrang der grossen Donau in den Canal grösser wurde. Temp. Max. — 0°2. Min. — 1°8.

Am 12. Jänner 4 Uhr Abends Wasserstand genau wie gestern. Seit einigen Tagen ist die Eisdecke in Folge des antreibenden Eisdustes um mehrere Klafter stromaufwärts verlängert. Heute schwamm fast kein Grundeis, sondern nur Eisdust. Die Ergiessung des Wassers in den Prater, der jedoch ganz mit Tafeleis bedeckt ist, dauert allem Anscheine nach fort und lässt bei der grossen Flächenausdehnung auch kein bedeutendes Steigen des Wassers besorgen. Temp. Max.—1°8. Min.—4°4.

Am 13. Jänner 4 Uhr Abends Wasserstand unverändert. Schwimmender Eisdust wie gestern, mitunter jedoch geballt und mehrere Zoll hoch über den Wasserspiegel emporragend. Rand der Eisbrücke beim Gasometer dick wulstig und ohne Buchten, sondern in einem ununterbrochenen Bogen concav gegen die Stromlinie verlaufend. Alles Folge der Rückkehr einer viel tieferen Temperatur. Temp. Max.—4°4. Min.—9°4.

15. Jänner 4 Uhr Abends. Das Wasser ist auf eine bei der grossen Kälte ziemlich räthselhafte Weise seit 13. um 8 Zoll gefallen. Es treibt mehr Eisdust als früher, theils in dünnen Flarden, theils in Dustballen, die sich über den Wasserspiegel erheben. Selbst einzelne Schollen von Tafeleis schwimmen. Der Zug des Wassers scheint schneller.

Die Eisdecke im Prater liegt in Folge der Abnahme des Wasserstandes bereits theilweise auf den Boden auf und wird daher uneben. Wasserstand an der Ferdinandsbrücke 9′ über Null. Eine dicke Eiskruste erlaubt keine nähere Schätzung. Temp. Max.—4°0. Min.—10°8.

16. Jänner 4 Uhr Abends. Der Wasserstand seit gestern wieder um weitere 5 Zoll abgenommen. Das Wasser ist bereits unter den Fusspunkt des Zollstabes gesunken. Weitere Messungen sind, da die Abhänge des Quais mit Eismassen belagert sind, nicht ausführbar. Temp. Max.—6°6. Min.—15°4.

18. Jänner 4 Uhr Abends. Im Ganzen dürfte die Abnahme des Wasserstandes bereits 2 Fuss erreichen. Mit den tieferen Theilen der Praterwiesen steht aber der Wasserspiegel im Canale noch immer im Niveau. Die tägliche Abnahme des Wasserstandes stimmt so ziemlich mit jener am Pegel der Ferdinandsbrücke überein, wesshalb die dortigen Messungen, welche in der Wiener Zeitung täglich veröffentlicht werden, genügen.

Eistrieb wie am 15. Dennoch wächst der Eisrand nur sehr langsam in der Richtung gegen den Strom, weil das Treibeis in Folge der starken Strömung unter die Eisdecke geschoben wird. Letztere ist übrigens so mächtig, dass sie sich wie ein Gewölbe über den sinkenden Wasserspiegel zu spannen beginnt. Da die Quaimauern abschüssig sind, so nimmt die Breite des Wasserspiegels mit der Höhe zu. Die bei höherem Wasserstande gebildete Eisdecke kann demnach bei tieferem Wasserstande keine horizontale Fläche bilden. Temp. Max.—4°0. Min.—15°4.

20. Jänner 4 Uhr Abends. Unveränderte Verhältnisse. Temp. Max. — 2°0. Min. — 12°5.

22. Jänner 4 Uhr. In Folge des gestern Abend eingetretenen Thauwetters ist das Treibeis fast ganz aufgelöst. Temp. Max. +3°8. Min. 0°0.

23. Jänner 4 Uhr durch den Regen in der Nacht vom 21.—22., welcher sich zeitweilig auch am Tage einstellte und den stürmischen Westwind, welcher bei einer Temperatur von 3° über Null den ganzen Tag anhielt, schmolz ein grosser Theil des Schneelagers in der Ebene, so dass der Boden stellenweise bereits vom Schnee entblösst ist.

Dennoch erhob sich das Wasser der Wien, welches stellenweise über die Eisdecke fliesst, nur wenige Zolle.

Im Donaucanale fiel das Wasser von gestern auf heute um 5 Zoll, stieg aber seit Mittag wieder um 3 Zoll an dem neu errichteten Messer beim Zimmermannshofe Wissgrill. Stand der Eisdecke wie früher. Es beginnt wieder die Bildung von Treibeis. Temp. Max. +2°9. Min.—3°7.

24. Jänner 4 Uhr Abends. Im Donaucanale das Wasser um 5½ Zoll gestiegen. Tafeln von Ufereis lösen sich häufig ab und schwimmen fort, werden aber durch die starke Strömung unter die Eisdecke, welche vom Gasometer abwärts noch immer den Canal bedeckt, geschoben.

Der höhere Wasserstand rührt theilweise von der Wien her, deren Stand um 5 Uhr 30 Min. Abends bereits 1 Fuss über Null war. Unter der Elisabethbrücke bricht bereits die Eisdecke, welche sonst theilweise mit fliessendem Wasser bedeckt ist. Temp. Max. +5°4. Min.—2°9.

25. Jänner 4 Uhr Abends. Wasserstand im Donaucanale beim „Zimmerplatze Wissgrill“ um 5½ Zoll höher als gestern, aber bereits wieder um 2⅛ Zoll gefallen, nachdem der schwellende Wasserstrom längs dem Praterquai vom Gasometer abwärts auf einer Strecke von etwa 100 Klaftern die Eisdecke durchbrochen hatte. Nach der Beschaffenheit der Eisdecke am rechten Ufer (Erdberg), welche etwa ⅔ der Breite des Canals noch einnimmt, zu schliessen, floss das Wasser früher über die Eisdecke, drückte sie hinab und veranlasste so den Durchbruch. Mehrere Klafter breit vom Eisrande beim Gasometer abwärts bildet aber die Eisdecke noch eine vollständige Brücke. Der Zuwachs nach dem Eisstosse am 3. durch angeschobenes Treibeis und Eisschollen, welche der Eisrand erhielt, ist entweder aufgelöst oder unter die Eisdecke geschoben worden.

Bei unverändertem Eisstande würde demnach die Erhöhung des Wasserstandes seit gestern 8 Zoll betragen haben. Das Wasser ergiesst sich stellenweise wieder in den Prater. (Wasser- und Eisstand der Wien seit gestern, wenigstens bis 5 Uhr Abends, unerheblich geändert.)

Geht man von dem Wasserstande an der Ferdinandsbrücke am 23. aus, mit 7 Fuss 5 Zoll, so wäre der Stand dieses Pegels heute 8 Fuss 9½ Zoll in der Voraussetzung, dass die Änderung dieselbe war, wie am Zimmerplatze „Wissgrill“, und es würden demnach zu der am 9. mit 10 Fuss 3 Zoll angegebenen Höhe noch 1 Fuss 5½ Zoll fehlen. In der That ragen nahezu so hoch die Eisränder der Ufer und Brückenpfeiler über den heutigen Wasserspiegel noch empor. Temp. Max. +7°7. Min. +3°4.

26. Jänner 9 Uhr Morgens Wasserstand im Donaucanale bei der Ferdinandsbrücke wie gestern. Wasserstand und Eisverhältnisse der Wien eben so.

4 Uhr Abends. Wasserstand im Donaucanale beim Zimmerplatze „Wissgrill“ seit gestern 4½ Zoll gefallen. Die Eisdecke in Auflösung und ihr äusserster Rand bereits eine beträchtliche Strecke vom Gasometer hinabgerückt. So weit dieselbe von hier übersehen werden kann, nämlich bis etwa zum Ansageposten der Erdberger Linie hinab ist ein Streifen in der Mitte des Canales von ¼ Breite der ganzen Fläche eisfrei und lagert die Eisdecke demnach nur an den Ufern. Es schwimmen nur in Auflösung begriffene Dustmassen.

Die Wien im Steigen. Um 2 Uhr 45 Min. der Wasserstand 1 Fuss 3 Zoll, um 5 Uhr 0 Min. = 1 Fuss 8 Zoll. Beim Theater an der Wien hat sich aus zusammengeschobenen Eistafeln ein unbeträchtlicher Wall gebildet, der das Wasser etwas staut.

Das mächtige Schneelager ist in der Ebene aufgelöst. In der Nacht vom 24. auf den 25. bildete sich, da der Himmel nur theilweise mit Feder- und federigen Schichtwolken bedeckt und die Luft sehr trocken war, trotz der Temperatur von einigen Graden über Null noch eine Eiskruste auf seichten stehenden Gewässern. Gestern und heute war die Temperatur wohl sehr hoch, die Luft aber sehr trocken, erst der sich gegen Mittag bei etwas feuchterer Luft erhebende Sturm aus West bei einer Temperatur von 8 — 10° über Null bewirkte die rasche Auflösung der Schneedecke, so dass sie selbst auf den nahen Gebirgshöhen keine zusammenhängende Decke mehr bildete. Temp. Max. +11°6. Min. +6°4.

27. Jänner. In der Nacht von gestern auf heute erfolgte der Eisgang auf der Wien, nachdem der Wasserstand an der Elisabethbrücke auf 5 Fuss und bei der steinernen Brücke der Landstrasse auf 6 Fuss gestaut worden war. Vom Hauptzollamte bis zur Mündung in den Donaucanal hinab war die Wien um 4 Uhr Abends heute noch mit Eis bedeckt, in Folge der continuirlichen Stauung durch den hohen Wasserstand im Canale. Die an flachen Ufern aufgeschichteten Eistafeln sind noch gegenwärtig 1 Fuss dick. Wasserstand der Wien kaum noch 2 Fuss.

Wasserstand im Donaucanale an der Ferdinandsbrücke 7′ 3″ über Null. Es schwimmt noch immer Dust und das Wasser ist nur wenig getrübt. Im Ganzen scheint demnach in den Eisverhältnissen der grossen Donau noch keine Änderung eingetreten zu sein. Temp. Max. + 6°5. Min. + 2°9. Niederschlag während der Dauer des Eises der Wien = 21″21.

28. Jänner. Um 7 Uhr Morgens verkündeten die ersten Kanonenschüsse, dass sich der Eisstoss auf der grossen Donau bei Nussdorf in Bewegung setze.

Um 10 Uhr Morgens war der Wasserstand am Pegel der Ferdinandsbrücke 10′ 0″, um 11 Uhr 30 Min. 10′ 5″, um Mittag bereits 11′0″, um 3 Uhr 30 Min. 11′3″. Zwischen den beiden letzten Stünden scheint ein Maximum von 11′ 6″ stattgefunden zu haben.

Im Donaucanale trieben gewaltige Dustmassen und Eistafeln. Mit jeder auffallenden Vermehrung des Treibeises fand eine rasche Erhöhung des Wasserstandes Statt, wie insbesondere von 11 Uhr 30 Min. bis um Mittag um 7 Zoll binnen einer halben Stunde, Nachmittags schwamm im Canale nur Dust.

Auf der grossen Donau und dem Arm des Kaiserwassers ist der Eisgang noch nicht erfolgt, sondern in's Stocken gerathen, nachdem gewaltige Eismassen

zusammengedrängt und aufgethürmt worden sind, der Wasserstand an der hölzernen Brücke, die über den Arm des Kaiserwassers führt, nahm in Folge dieser Stockung von 6 auf 4' über Null ab bis 11 Uhr Vormittags.

Der erhöhte Wasserstand im Canale hat also hauptsächlich darin den Grund, dass die grosse Donau durch den gewaltigen Eiswall am „Spitz" in den Canal gedrängt wird.

Eine bedeutende Strecke oberhalb der Brücke über den Arm des Kaiserwassers ist die Eisdecke noch nicht gebrochen und brachte deshalb den andringenden Eisstoss in's Stocken.

In Erdberg hat das Wasser heute noch nicht die Höhe erreicht, wie zur Zeit der Stauung in den ersten Tagen des Monates (6. Jänner). Um 5 Uhr Abends fehlten dazu noch wenigstens 6 Zoll.

Die auf der Strecke vom Hauptzollamte bis zur Mündung in den Canal nach dem Eisstosse der Wien gestern noch sichtbare Eisdecke war heute um 10 Uhr Morgens aus einer unerklärlichen Ursache verschwunden. Der Wasserstand der Wien war heute ziemlich constant 1' 6''. Temp. Max. + 4°2. Min. + 0°5.

29. Jänner. 4 Uhr Abends Wasserstand im Donaucanale an der Ferdinandsbrücke 6' 9''. Viel Treibeis, theils in grossen Schollen theils in Dustmassen. Die starke Abnahme des Wasserstandes seit gestern deutet auf einen, wenigstens theilweise erfolgten Abgang des Eisstosses auf der grossen Donau. Temp. Max. + 1°6. Min. — 0°4.

30. Jänner. 4 Uhr Abends. Wasserstand im Donaucanale an der Ferdinandsbrücke 8' 0''. Treibeis wie gestern. Gepflogenen Erhebungen zu Folge steht der Eisstoss noch zu Ebersdorf und reicht auch im Canale bis zur Freudenau. In Erdberg ist die Stauung des Wassers an dem langsamen Treiben des Eises bemerkbar. Temp. Max. + 1°6. Min. — 0°4.

31. Jänner. 4 Uhr Abends. Wasserstand im Donaucanale an der Ferdinandsbrücke 8' 10½''. Maximum früher wenigstens 9' 0''. Nur wenig Treibeis. Die Simmeringer Haide und der Prater in seinen unteren Theilen sind durch Stauwasser überschwemmt, da der Eisstoss bei Kaiser-Ebersdorf festsitzt. Temp. Max. + 1°3. Min. — 0°7.

1. Februar. Im Donaucanale reicht der stockende Eisstoss bereits bis zur Erdberger Wasserlinie herauf. Nichts desto weniger ist der Wasserstand in Abnahme und etwa 9 Zoll tiefer als am 6. Jänner. Diese Höhe wurde beim Eisgange in den letzten Tagen wohl erreicht, aber nicht überschritten.

5 Uhr Abends. Wasserstand an der Ferdinandsbrücke 8' 1''. Es schwimmt fast kein Treibeis. Temp. Max. + 4°0. Min. — 0°9.

2. Februar. 4 Uhr Abends eben daselbst 7' 7''. Ein neuer Eisstoss im Anzuge, nachdem fast kein Treibeis mehr zu sehen war. Zuerst treiben einzelne Dustmassen, dann grosse Tafeln festes Eis, bevor der dicht gedrängte Eisstoss anlangt, der Schollen und Dust führt. Zum Glück war der stockende Eisstoss im Canale, der gestern noch bis zur Erdberger Wasserlinie reichte, bis zum Neuwirthshaus über Nacht hinabgerückt, der Eisstoss erhöhte den Wasserstand an der Ferdinandsbrücke nur um 1 Zoll, nach einer Stunde hatte er noch kein Ende erreicht. Temp. Max. + 5°2. Min. + 2°6.

3. Februar. Wasserstand 4' 1''.

4. Februar. Wasserstand 2′ 8″. Nur wenige Treibeisreste. Im Arm des Kaiserwassers steht der Eisstoss noch immer. Temp. Max. + 6°1. Min. — 0°3.

Eis 1861/2.

December 1861.

20. Der Neustädter Canal beginnt sich neuerdings mit Eis zu bedecken.

21. Trägt die Eisdecke desselben bereits schleifende Knaben.

24. Schleift man wieder auf der Eisdecke des grossen Bassins im Belvedere, die Unterbrechung dauerte seit 15.

Im Donaucanale das erste Treibeis. Temp. Max. — 0°8. Min. — 4°4.

25. Zunahme desselben.

26. Aufgehört, weil sich Eisbrücken bildeten. Temp. Max. — 0°9. Min. — 6°2.

Jänner 1862.

12. Die Eisdecke im Donaucanale, welche oberhalb der Ferdinandsbrücke schon längere Zeit ganz geschlossen war, aufgelöst ohne erheblicher Erhöhung des sehr tiefen Wasserstandes. Temp. Max. + 5°3. Min. + 2°0.

13. Im Donaucanale Eisgang in Schollen bei 3′ 9″ Wasserstand über Null. Die Eisdecke der Wien seit 11. gehohen und in Auflösung, aber kein Eisgang, da das Wasser kaum 1 Fuss erreichte. Temp. Max. + 3°8. Min. — 2°0 (Abends).

15. Weder Schollen noch Treibeis im Donaucanale, das Wasser bereits um 10″ gesunken. Die grösste Höhe war 5′ 10″.

16. Noch kein neues Treibeis im Canale. Wasserstand noch 4′ 5″.

17. Viel neues Treibeis, jedoch meistens nur lockerer Dust, der nur wenig Flarden bildet. Wasserstand noch 3′ 11″. Temp. Max. — 7°8. Min. — 9°6.

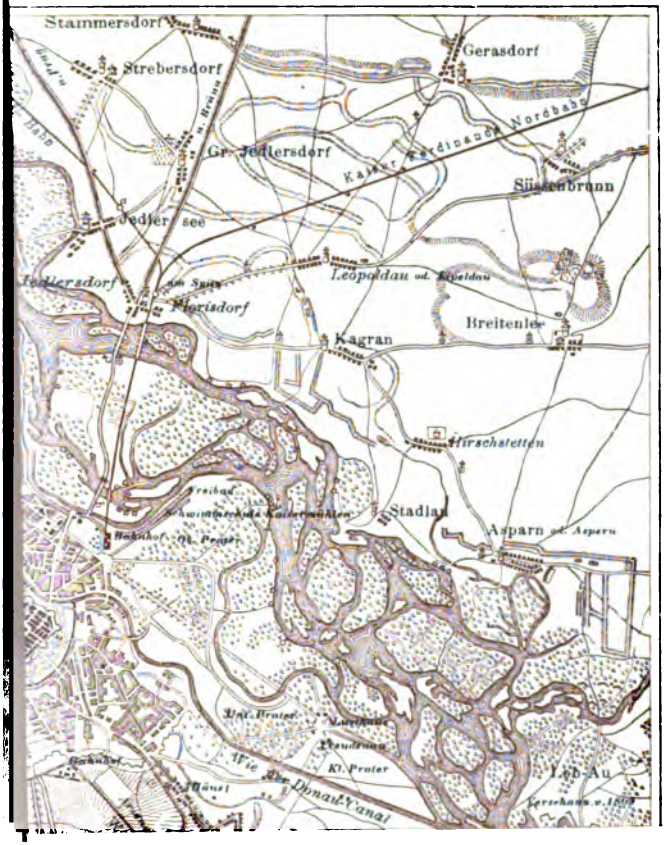
18. Treibeis im Zunehmen. Auch schon einzelne Flarden darunter, deren Oberfläche eine Eisdecke bildet und mehrere Quadratfuss gross ist. Der lockere Dust ist vielmehr geballt als gestern. Wasserstand 3′ 1″.

19. So wie gestern. Der Eisdust noch mehr geballt und so dicht rinnend, dass unter dem Bogen der Ferdinandsbrücke am linken Ufer fast kein Wasserspiegel zu sehen ist. Wasserstand nur noch 1′ 2″.

20. Nur wenige zerstreute Ballen von Eisdust, dafür fast nur Flarden von dichten Eisdustmassen, einzelne bis 2 Klafter im Durchmesser. Sie bildeten sich offenbar aus zusammen gefrornen Eisballen. Nicht selten waren mehrere Flarden zusammengefroren, sie hatten eine abgerundete Form mit wulstigen Rändern in Folge der gegenseitigen Reibung. An seichten Stellen in der Ufernähe beginnen sie bereits aufzusitzen und so die Bildung von Eisbrücken einzuleiten. Wasserstand nur noch 6″ ober Null.

21. So wie gestern. Wasserstand — 0′ 3″. (0·4 der Wasserfläche einnehmend.)

22. Das Treibeis stockt und bedeckt den ganzen Donaucanal, so weit derselbe von der Ferdinandsbrücke übersehen werden kann, bis zur Krümmung ober denselben nur wenige Lücken lassend, welche im Zufrieren begriffen sind, die einzelnen Flarden treiben ziemlich lose und sind nicht zusammengeschoben


Stammersdorf
Strebersdorf
Gerasdorf
Gr. Jedlersdorf
Kaiser Ferdinands Nordbahn
Süssenbrunn
Jedlersee
Leopoldau
Breitenlee
Kagran
Hirschstetten
Stadlau
Asparn
Lobau
Donau-Canal

10. Auf der neuen Eisdecke am grossen Bassin im Belvedere schleift man bereits wieder. Von der alten blieben nur noch grosse Stücke übrig, welche zusammen etwa die Hälfte der Fläche einnahmen.

Im Donaucanale bereits Eisränder und die ersten Spuren von Treibeis, welches sich an seichten Stellen am Ufer bildet und von dem Strome fortgeführt wird.

11. Im Donaucanale viel Treibeis, meistens in grossen dichten Flarden mit wulstigen Rändern und compact gefrorner Oberfläche etwa 0·3 der Wasserfläche bedeckend. Wasserstand + 6′ 5″. Temp. Min. — 7°9.

12. Nur Reste von Treibeis. Wasserstand + 5′ 1″ die am Ufer angefrornen, von Treibeis-Flarden angeschobenen Dustmassen reichen nahe bis zum Wasserspiegel. Der Zug des Treibeises scheint also vor Kurzem aufgehört zu haben.

13. Wieder so viel Treibeis im Canale wie am 11., jedoch in viel mehr lockeren Flarden von Dust, welche aber viel grösser waren. Dazwischen viel loser Dust. Wasserstand + 4′ 4″. Das Intermittiren des Dustrinnens am 12. deutet auf die Bildung von Eisbrücken stromaufwärts, welche später wieder durchbrochen wurden, so dass nun der Dust in dem Canal rinnen konnte. Temp. Max. + 0°5. Min. — 1°0.

14. Kein Treibeis mehr. Wasserstand + 3′ 9″. Temp. Max. + 3·3. Min. — 3·0.

15. Kein Treibeis mehr. Wasserstand + 3′ 3″. Temp. Max. + 2·0. Min. — 0·2.

Der günstigen Temperatur-Verhältnisse wegen stellte sich auch später kein Treibeis mehr ein.

Über Flüssigkeiten im elektrischen Strome.

Von K. W. Knochenhauer.

(Vorgelegt in der Sitzung am 16. October 1862.)

ERSTE ABTHEILUNG.

In meiner letzten Abhandlung zur Theorie des Condensators konnten, wo Verbindungen durch Flüssigkeitssäulen hergestellt waren, die Verhältnisse nicht scharf genug beurtheilt werden, da es an Beobachtungen über das Verhalten der Flüssigkeiten im elektrischen Strome noch gänzlich fehlt. Um diese Lücke auszufüllen, habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, die indess bald das ursprüngliche Ziel überschritten, so dass ich den bis jetzt vollendeten Theil zunächst mittheilen werde.

I. Widerstand.

Zur Aufnahme der Flüssigkeit diente ein aus starken Glasplatten zusammengesetzter Kasten von 2 Zoll Breite im Lichten, dessen unterer Theil in einen niedern Holzschuh gesetzt und mit Harz eingeschmolzen war. Oben an den Seitenrändern waren von Zoll zu Zoll Metallstreifen mit senkrechten Einschnitten angekittet, in welche die als Elektroden dienenden oben breiteren Messingplatten eingeschoben werden konnten. Diese Platten hatten $^1/_8$ Zoll breite Querstreifen, so dass der Querschnitt der Flüssigkeit 1 — 4 Quadratzoll betrug, während die Länge sich von 1 — 6 Zoll ändern liess. An die Platten geschraubte Kupferdräthe von je 1′ Länge dienten zur Einschaltung in den Schliessungsbogen. Die Batterie bestand aus dem Flaschenpaar *A* und der Schliessungsbogen mit Einschluss von Thermometer *V* aus 16′ K. Da es kaum ausführbar war, jeden Widerstand nach den Angaben in Band 43 der Sitzungsberichte S. 41 auf den Normaldrath von Neusilber zu 0·177 Lin. Durchmesser besonders zu beziehen, so wurden mit je drei Ladungen der Batterie = 32, 36 und 40 oder mit Schlagweiten von 1·45, 1·65 und 1·85 Linien zwei Beobachtungsreihen durchgeführt, in denen der Widerstand vom Neusilberdrath bis zu 192″ Länge von je 12 : 12 Zoll beobachtet wurde. Mit

Ausnahme einer nur unbedeutenden Abweichung in der ersten Reihe ging Thermometer *V* so regelmässig zurück, dass der wie gewöhnlich auf den Stamm als Einheit bezogene Widerstand von je 12″ Neusilber 0·191 betrug. Mittelst dieser Zahl, die sich auch später bei vergrösserter Batterie unverändert zeigte, wurden also sämmtliche Widerstände auf den Normaldrath bezogen.

Reine concentrirte Schwefelsäure von 1·84 specifischem Gewicht wurde nur in kleinen Quantitäten zu destillirtem Wasser gemischt. Eine unten ausgezogene Glasröhre, gefüllt bis zu einem Feilstrich, gab desshalb die Massquanta her. Nach zwei Bestimmungen, wobei einmal die Menge des in der Röhre enthaltenen destillirten Wassers gesucht wurde, welche darauf durch Multiplication mit dem specifischen Gewicht auf Schwefelsäure reducirt werden konnte, und wobei zweitens das Gewicht von 20 Röhren Schwefelsäure unmittelbar abgewogen wurde, fasste die Röhre 0·18699 und 0·18609 Grammen, also im Mittel 0·1865 Grammen Schwefelsäure. In der folgenden Tabelle gibt die erste Colonne das Gewicht der in 100 CC. enthaltenen Schwefelsäure an, die zweite den Abstand der Platten in Zollen, die dritte den Querschnitt der Flüssigkeit in Quadratzollen, die vierte den beobachteten Widerstand in Zollen des Neusilberdrathes, die fünfte die Reduction desselben auf eine Schicht von 6″ Länge und 4□″ Querschnitt, die sechste die Berechnung des mittleren Widerstandes auf den Widerstand des Platins als Einheit bezogen, die siebente endlich die Reduction dieser Zahlen auf einen Gehalt an 3·73 Grm. Schwefelsäure, indem die Widerstände sich als proportional zur Menge der Schwefelsäure herausstellten. Zur Zurückführung der nach Neusilber beobachteten Widerstände auf Platin wurden die Angaben in den Sitzungsberichten Bd. 43 benutzt, wonach der Widerstand eines 10 Zoll langen Platindrathes von 0·0596 Lin. Durchmesser (Therm. *V*) im Mittel 42·1 Neusilber beträgt; dies gibt den Factor 8173, womit die Zahlen der fünften Colonne multiplicirt wurden.

Concentrirte Schwefelsäure; spec. Gew. 1·84. Temp. 18—19° C.

In 100 CC.	Abst."	□"	Wd. in Neus.	Red. auf 6" und 4□"	Wd. Pl. = 1	Wd. für 3.73 Grm. SO_3.
0·373 Grm.	6	4	447·3	447·3		
	4	4	313·8	470·7		
	2	4	158·7	476·1		
	2	2	310·9	466·3		
	3	2	466·0	466·0		
				465·3	3803000	380300
0·746 „	6	4	241·9	241·9		
	4	4	159·6	239·4		
	2	4	79·8	239·4		
	2	2	163·2	244·8		
	3	2	250·7	250·7		
				243·0	1986000	397200
1·119 „	6	4	157·1	157·1		
	4	4	104·4	156·6		
	2	4	51·4	154·2		
	2	2	104·4	156·6		
	3	2	158·5	158·5		
				156·6	1280000	384000
1·492 „	6	4	129·6	129·6		
	4	4	85·7	128·0		
	2	4	45·0	135·0		
	2	2	88·4	132·6		
	3	2	129·0	129·0		
				130·8	1069000	427600
2·238 „	6	2	164·0	80·2		
	4	2	106·8	80·1		
	2	2	50·5	75·8		
				78·7	643000	385800
2·984 „	6	2	121·9	60·9		
	4	2	82·6	61·9		
	2	2	42·8	64·2		
				62·3	509000	407200
3·730 „	6	2	94·2	47·1		
	4	2	60·0	45·0		
	2	2	30·0	45·0		
				45·7	374000	374000
						Mittel 393700

Das Resultat lässt sich nur mit den Angaben von Wiedemann (s. dessen Lehre vom Galvanismus) vergleichen, der für 3·37 Grm. SO_3 in 100 CC. den Widerstand = 499000, also, da auch nach ihm bis 5·9 Grm. die angegebene Proportionalität stattfindet, für 3·73 Grm. den Widerstand = 450800 hat. Sein Resultat ist im Verhältniss von 8 : 7 grösser als das meinige. Um zu sehen, ob die Differenz in der Ungleichheit der benutzten Platinsorten liegt, nahm ich bei der Bestimmung des in destillirtem Wasser gelösten Kupfervitriols genau die von ihm angewandten Mischungen.

Kupfervitriol. 17° C.

In 1000 CC.	Abst."	□"	Wd. in Neus.	Red. auf 6" und 4□"	Wd. Pl. = 1	Wiedem. 18—20° C.
31·17 Grm.	1	4	149·2	895·2	7316000	
	2	4	315·0	945·0	7723000	
					7520000	7805000
62·34 „	1	4	94·4	566·4	4629000	
	2	4	180·9	542·7	4435000	
	3	4	280·9	561·8	4592000	
					4552000	4202000
93·51 „	1	4	66·0	396·0	3236000	
	2	4	134·7	404·1	3303000	
	3	4	204·0	408·0	3335000	
	4	4	266·6	399·9	3268000	
					3285000	3178000
124·68 „	1	4	52·6	315·6	2579000	
	2	4	105·4	316·2	2584000	
	4	4	216·0	324·0	2648000	
	6	4	333·1	333·1	2722000	
					2634000	2567000

Beide Resultate stimmen innerhalb der Fehlergrenzen mit einander überein, so dass der Grund der Abweichung bei SO_3 wohl in der Polarisation liegen möchte, die beim galvanischen Strome, wenigstens nach den grossen Differenzen zu urtheilen, welche Wiedemann's Zusammenstellung der verschiedenen Widerstandsangaben darbietet, schwer beseitigt werden mag. — Horsford findet auf Neusilber bezogen den Widerstand von 150·93 Grm. Kupfervitriol in 1000 CC. = 972320 und von 75·47 Grm. = 1410200. Da meine Zahlen durch Division mit 2·12 auf Neusilber reducirt werden, so würde nach ihnen der Widerstand etwa

$= \frac{2300000}{2 \cdot 12} = 108000$ und $= \frac{3700000}{2 \cdot 12} = 174000$ sein. Setzt man nun voraus, dass die Polarisation bei der Kupfervitriollösung am leichtesten fortfällt, so muss man, um Horsford's Beobachtungen zu entsprechen, die Reduction auf das von ihm angewandte Neusilber durch Division mit 2·4 ausführen, wonach meine Beobachtungen 960000 und 1540000 geben würden. Nach Horsford hat aber Schwefelsäure von 1·2 — 1·3 specifischem Gewicht auf Neusilber bezogen den Widerstand = 56180, also auf Platin als Einheit bezogen den Widerstand = $56180 \times 2 \cdot 4 = 124800$, wogegen Wiedemann den Widerstand der Schwefelsäure von 1·27 specifischem Gewicht (45·84 Grm. in 100 CC.) = 79560 findet, eine bedeutende Differenz, die sicher nur aus der nicht beseitigten Polarisation herstammen kann.

Nach Schmidt ist der Widerstand des Salzwassers bei einem Gehalte von 25 Procent Kochsalz ein Minimum. Um diese Angabe zu prüfen, wurde von concentrirter Kochsalzlösung, deren specifisches Gewicht bei 17° C. 1·204 war, die also nach Bischöff etwa 27·5 Procent Salz enthielt, ausgegangen und dazu nach und nach destillirtes Wasser gegossen. Da ich den Zusatz an Wasser, der jedesmal erforderlich war, für die bereits verdünnten Lösungen berechnete, so dürften die Angaben der Mischung nicht ganz fehlerfrei sein, doch zeigte die letzte Mischung von 12 Raumtheilen concentrirter Lösung und 12 Raumtheilen destillirten Wassers ein specifisches Gewicht von 1·107 oder 14·5 Procent Salzgehalt, was Fehler, die von Belang wären, nicht zulässt.

Concentrirte Kochsalzlösung. 17° C.

Raumtheile		Abst.''	□''	Wd. in Neus.	Red. auf 6'' und 4 □''	Wd. Pl. = 1	
conc. Lös.	dest. W.						
24	0	4	4	23·5	35·3	287000	297000
		6	4	37·7	37·7	308000	
22	2	4	4	26·3	39·4	322000	321000
		6	4	39·3	39·3	321000	
20	4	4	4	26·2	39·3	321000	322000
		6	4	39·5	39·5	323000	
18	6	4	4	24·9	37·4	306000	316000
		6	4	40·0	40·0	327000	
16	8	6	4	41·8	41·8	341000	
12	12	6	4	51·3	51·3	419000	

Nach diesen Versuchen findet sich kein Minimum des Widerstandes, vielmehr bietet Salzwasser, bis auf ein Viertel verdünnt, einen ziemlich gleich grossen Widerstand dar.

Wegen der Angaben von Horsford wurde noch die folgende Reihe von Beobachtungen angestellt.

Kochsalz. 19° C.

In 500 CC.	Abst."	□"	Wd. in Neus.	Red. auf 6" und 4 □"	Wd. Pl. = 1	
63·9 Grm.	2	4	18·9	56·7	463000	465000
	4	4	36·9	55·4	453000	
	6	4	58·5	58·5	478000	
42·6 „	2	4	25·0	75·0	613000	645000
	4	4	53·1	79·6	650000	
	6	4	82·1	82·1	671000	
21·3 „	2	4	50·6	151·8	1240000	1184000
	4	4	97·2	145·8	1191000	
	6	4	137·0	137·0	1120000	
10·65 „	2	4	94·2	282·6	2309000	2309000
	4	4	188·4	282·6	2309000	

Reducirt man die beiden letzten Zahlen durch Division mit 2·4 auf Neusilber, so erhält man die Widerstände 493000 und 962000, wogegen Horsford dieselben = 769460 und = 1488200 angibt, im Verhältniss von 1 : 1·56 und 1·55 grösser. Nach Wiedemann's Berechnung sind die von Schmidt gefundenen Resultate gegen Horsford wieder im Verhältniss von 1·57 und 1·61 : 1 kleiner, so dass also meine Angaben mit denen von Schmidt übereinkommen.

Der Widerstand der Flüssigkeiten wird sich nach diesen Resultaten wohl am genauesten durch Beobachtungen im elektrischen Strome bestimmen lassen, weil hier die Polarisation fortfällt.

II. Stromtheilung.

Schon bei der Bestimmung der Widerstände der verdünnten Schwefelsäure hatte ich die äquivalente Länge der Flüssigkeitsschicht ermittelt, indem ich den ersten Zweig aus Therm. V (oder dem ihm entsprechenden Gestell) und aus der mittelst 2' K. ein-

geschaltenen Flüssigkeit, den andern aus Therm. V und so viel Fuss Kupferdrath bildete, dass die Zweigströme ziemlich gleich ausfielen. Therm. V wurde zu 1·7 gerechnet, also von Zw. I im Ganzen 3'7 abgezogen.

In 100 CC.	Abstand ''	□''	Widerstand in Neusilber	Äquivalente Länge in K.
0·373 Grm. SO_3	4	4	321·2	8'55
	2	2	—	8·89
0·746 „	4	4	160·6	3·52
	2	2	—	3·63
1·119 „	4	4	107·1	2·09
	2	2	—	2·13
1·392 „	4	4	80·3	1·70
	2	2	—	1·84
2·238 „	6	2	160·6	3·62
	2	2	53·5	1·05
2·954 „	6	2	120·4	2·71
	2	2	40·1	0·57
3·730 „	6	2	96·4	2·05
	2	2	32·1	0·30

Die Widerstände sind aus dem oben gefundenen Mittelwerth abgeleitet. Mit zunehmendem Widerstande wachsen die äquivalenten Längen, dagegen macht es keinen Unterschied, ob die Länge der Flüssigkeit grösser oder kleiner ist, so dass in dieser Beziehung keine Correction stattfindet.

Um die äquivalente Länge bei grösserem Widerstande der Flüssigkeit mit der von Metalldräthen von ebenfalls grösserm Widerstande zu vergleichen, wurden zunächst 5' Platindrath von 0·0437 Durchmesser auf eine engere Glasröhre von $1\frac{1}{2}$ Fuss Länge zu einer Spirale gewunden, deren Länge eben der kleineren Windungen wegen sich durch den Nebenstrom nicht merkbar ändert. Diese Spirale mag Sp. *C* heissen. Ihr Widerstand betrug, durch das Thermometer auf die gewöhnliche Weise bestimmt, 459·6, berechnet nach der Stärke des Drathes und auf den Platindrath von 0·0596 Durchmesser bezogen 468·7, endlich direct auf Neusilber bezogen, wobei freilich Neusilber durch mehrere Platindräthe ergänzt war, 478·7, endlich nach den früheren Beobachtungen beim Nebenstrom (Sitzungsber. Bd. 44, S. 270) 483·2, also im Mittel 472·5. Zur Vergleichung mit diesem Platindrath wurde bei 4 Zoll Abstand der Elektroden eine Kupfervitriollösung genommen, die nach den Beob-

achtungen genau denselben Widerstand darbot. Als Sp. *C* oder die Flüssigkeitsschicht *Fl* oder die bekannten Spiralen aus Kupferdrath bei Batterie *A* und dem angegebenen Stamm in den einen Zweig I mit Th. *V* (oder dem entsprechenden Gestell) eingeschaltet waren, wo bei *C* noch 0'5 K. und bei *Fl* die oben erwähnten 2' K. die Verbindung herstellten; und in dem andern Zweig II ausser Th. *V* nur Kupferdrath enthalten war und zwar von solcher Länge, dass die Stromtheile a' und a'' wo möglich nahe gleich wurden, traten sogleich Verhältnisse hervor, welche zeigten, dass früher (Sitzungsber. Bd. 43, S. 63) noch ein wichtiger Umstand übersehen worden war.

Zweig I	Zweig II	$\left(\frac{a''}{a'}\right)^2$	Äquivalente Länge	Zusatz im Stamm
C	18	0·909	16·6	—
—	16	1·089	16·3	
—	18	0·957	17·0	Therm.-Drath V
—	34	1·568	42·2	I+II gleichl.
—	(2) 10	1·160	43·8	
—	20	1·496	24·3	II
—	24	1·095	24·6	
—	(2) 2	0·938	31·4	I
C+8	24	0·866	13·7	—
—	(2) 2	0·791	20·7	II
Fl.	12	1·626	13·8	—
—	16	1·025	14·2	
—	24	1·110	23·4	II
—	(2) 2	0·918	29·5	I
—	(2) 8	1·357	43·7	I+II gleichl.
—	(1) 2	0·892	44·0	
Fl.+8	24	0·775	10·9	—
Sp. (2)	34	0·842	31·0	—
—	34	0·851	31·2	I+II gleichl.
Sp. (1)	(2) 16	0·996	46·9	—
—	(2) 16	0·990	46·8	I+II gleichl.
Sp. I	(1) 2	1·543	58·2	—
I+II gleichl.	(1)(2)24	2·353	157·2	—

Die Kupferdräthe unter Zw. II sind so eingetragen, dass die freien Zahlen die Länge des Drathes in Fussen angeben; (2) und (1) sind die Spiralen (2) und (1), von denen die erste = 31, die andere = 47' K. gerechnet wurde; die dabei stehenden Zahlen sind wieder Kupferdrath in Fussen, der zu den Spiralen noch hinzukam. Die Berechnung der äquivalenten Länge wurde nach der Regel

geführt, dass sich die Stromtheile umgekehrt wie die Längen der Zweige verhalten, also $l' : l'' = a'' : a'$ ist, woraus $l' = \frac{a''}{a'} l''$ folgt. l' ist die Länge des in Zw. II enthaltenen Kupferdrathes + 1·7 für das Therm.; von dem berechneten l' wurde bei C in Zw. I 2·2 (Therm. + 0·5 K.), bei Fl 3·7 (Therm. + 2′ K.) und bei den Kupferspiralen nur 1·7 abgezogen, um die äquivalente Länge in der vierten Colonne zu erhalten.

In Übereinstimmung mit den früheren Beobachtungen ist es, dass ein in Zw. I hinzugefügter Kupferdrath die äquivalente Länge des stärker hemmenden Theiles verringert; neu ist es dagegen, dass die Verlängerung des Stammes durch Kupferdrath die äquivalente Länge desselben Theiles so ganz augenfällig vergrössert, wogegen der durch Einfügung des Thermometerdrathes V vermehrte Widerstand des Stammes fast gar keine Änderung bewirkt. In der citirten Abhandlung täuschte mich der als Widerstand hinzugefügte stärkere Platindrath von 70″ Länge, der die Änderung der äquivalenten Länge offenbar nicht durch seinen Widerstand, sondern bei dem ziemlich kurzen Stamm durch seine eigene Länge hervorbrachte. Auf die äquivalente Länge der Kupferspiralen hat die Verlängerung des Stammes keinen Einfluss, da die natürliche Länge der Spiralen hier nicht durch Widerstand, sondern durch den von Windung auf Windung entstehenden Nebenstrom vermehrt wird, welcher Nebenstrom nach den Beobachtungen in Bd. 44 weder durch Umänderung der Batterie noch durch Änderung des Schliessungsbogens geändert wird. Dass übrigens die Spiralen jetzt etwas kürzer als früher ausfallen, habe ich bereits dadurch erklärt, dass ich die Länge einer Spirale falsch normirt hatte, welche etwas fehlerhafte Zahl sich dann auf alle anderen Angaben übertrug.

Es ist höchst schwierig, aus den berechneten Zahlen für die äquivalente Länge die Grösse abzuscheiden, welche aus dem Widerstande allein entsteht. Zunächst befindet sich in beiden Zweigen der Thermometerdrath V unter ganz verschiedenen Verhältnissen; in Zw. I ist er mit einem stärker hemmenden Theil verbunden, in Zw. II nur mit Kupferdrath; hier muss also seine äquivalente Länge gegen den angenommenen Werth 1·7 kleiner, dort grösser werden. Ferner hat die Sp. C 5′ Drath, der sehr fein ist; da frägt sich zunächst, ob Dräthe von gleicher Länge und gleichem Widerstande

aber von ungleichem Querschnitt dieselbe äquivalente Länge haben, worüber noch keine Beobachtungen vorliegen; dann müssen die 5 als eine Länge, auf welche sich der Widerstand vertheilt, eben so verringernd auf den Zuwachs an äquivalenter Länge einwirken, wie dies hinzugefügter Kupferdrath thut. Allein auch hierüber fehlt noch jeder sichere Aufschluss.

Um die Verhältnisse so einfach wie möglich zu halten, namentlich auch um grössere Widerstände benutzen zu können, wurde in den einen Zweig I allein die Flüssigkeitsschicht mit 2′ K. genommen und in den andern Zweig II nur Kupferdrath. Das Therm. V kam in den Stamm, und die Stromtheile so wie die daraus folgende äquivalente Länge von Zw. I wurde nach der Methode des Widerstandes (s. Bd. 43, p. 52) bestimmt. Als Flüssigkeit diente durchweg eine Kupfervitriollösung, 16·0 Grm. in 1000 CC.; sie bot im Mittel aus drei Beobachtungen auf 2″ Länge und 4□″ Querschnitt einen Widerstand von 515·6 Neusilber dar. Die Batterie blieb A und der Schliessungsbogen betrug 17·7 K., wobei Th. $V = 1·7$ und nach den letzten Bestimmungen zur Theorie des Condensators noch 1·8 zugesetzt waren. Die Ladungen waren wie bisher 32, 36 und 40, und der Widerstand der Zweige wurde durch die Länge des in Zw. II enthaltenen Kupferdrathes auf 100 — 200 gebracht, wo er sich am sichersten bestimmen liess. Ich machte zuerst eine Reihe mit unverändertem Stamm durch, wo also nur die Flüssigkeitsschicht geändert wurde. Die Länge 1 Zoll vermied ich, weil offenbar Störungen durch Condensation zwischen den Elektrodenplatten vorkamen. Dann führte ich eine zweite Reihe mit Zusatz von Sp. I im Stamm durch, die nach dem Obigen = 58·2 K. ist und einen Widerstand = 18·7 hat (s. Bd. 43, p. 43). Da beide Reihen nicht gleiche Verhältnisszahlen darboten, so bemerkte ich zuerst, dass zur Länge des Stammes noch die Länge der Zweige hinzugerechnet werden müsse. Diese Länge habe ich schon früher dahin bestimmt, dass sie $= l' a' = l'' a''$ ist, wenn l' und l'' die Länge von Zw. I und Zw. II a' und a'' die durch sie fliessenden Stromtheile bedeuten; da $l' : l'' = a'' : a'$, so ist eben $l' a' = l'' a''$. Rechnete man auf diese Weise die Zweige in den Stamm ein, so ergab sich, dass die äquivalente Länge irgend einer Flüssigkeitsschicht proportional zur Quadratwurzel aus der Gesammtlänge des Schliessungsbogens wurde. Hieran schloss ich noch zwei Reihen an, in welchen durch Hinzufügung von Kupfer-

drath in den Stamm die Länge des Schliessungsbogens nahe constant erhalten wurde, während in Zw. I sich der Widerstand und somit die Länge änderte. In einigen anderen kürzeren Reihen wurde Sp. II (= 32 und mit dem Widerstande 10·6) und Sp. I + II gleichl. (= 157·2 und mit dem Widerstande 34·9) in den Stamm eingeschaltet. Alle diese Beobachtungen sind in der folgenden Tabelle enthalten. Die erste Colonne gibt die Länge der Flüssigkeitsschicht und ihren Querschnitt an, woraus sich ihr Widerstand w' ableiten lässt. In der zweiten Colonne unter Zw. II stehen die in ihm enthaltenen Fuss Kupferdrath; (2) und (1) bedeuten die Spiralen, die zu 31 und 47 Fuss gerechnet wurden; die dabei stehenden Zahlen sind noch freier Kupferdrath in Fussen. Die dritte Colonne enthält unter Stammdrath die Länge des Stammes in Fussen, wobei Sp. II, I und II + II gleichl. bereits eingerechnet sind, markirt durch die Zeichen ||, I und =; wo noch andere Kupferdräthe zugefügt waren, sind diese in Fussen hinter + besonders notirt. In der vierten Colonne unter w ist der in Therm. V beobachtete Widerstand verzeichnet, welcher aus den Zweigen und den in den einfachen Stamm zugefügten Dräthen entstand. Die fünfte Colonne gibt unter l' die aus diesen Daten berechnete Länge des ersten Zweiges an, worin die 2′ K. noch einbegriffen sind. In die sechste Colonne wurde unter Zw. die äquivalente Länge der Zweige eingetragen, wie sie aus $l'\,a' = \frac{l'\,l''}{l'+l''}$ abgeleitet wurde. In der letzten Colonne endlich findet man den Zuwachs z an Länge, welche der Widerstand der Flüssigkeit erzeugt, reducirt auf eine Länge des Schliessungsbogens = 50; hierzu wurde die unter l' stehende und um 2 verringerte Zahl mit der Quadratwurzel aus $\frac{50}{L}$ multiplicirt, wo L die Gesammtlänge des Schliessungsbogens, d. h. die Länge des Stammes + die Länge der Zweige bedeutet. Um an einem Beispiele zu zeigen, wie z berechnet wurde, wähle ich die beiden ersten Reihen unter 6 Z. 2□″. Der Widerstand w' von Zw. I ist = 3094. In der ersten Reihe ist dann die Länge von Zw. II = l'' = 24 und der Widerstand = w'' = 9·2; bezeichnet nun w den beobachteten Widerstand und W den Widerstand des in den einfachen Stamm 17·7 hinzugefügten Drathes, so hat man die Gleichung: $a'^2\,w' + a''^2\,w'' + W = w$, also hier, wo $W = 0$ ist, $3094\,a'^2 + 9{\cdot}2\,a''^2 = 123{\cdot}4$;

die erste Annäherung gibt $a' = \sqrt{\frac{123 \cdot 4}{3094}} = 0 \cdot 199$, demnach $a'' = 0 \cdot 801$ und $9 \cdot 2\, a''^2 = 6 \cdot 0$, worauf $a' = \sqrt{\frac{117 \cdot 4}{3094}} = 0\,195$ und $a'' = 0 \cdot 805$ folgt. Da $a' = \frac{a''\, l''}{l'}$ ist, so hat man $l' = \frac{a''\, l''}{a'} = 99 \cdot 1$. Die Länge der Zweige ist $= \frac{l'\, l''}{l' + l''} = \frac{99 \cdot 1 \times 24}{99 \cdot 1 + 24} = 19 \cdot 3$; dies gibt den ganzen Schliessungsbogen $= 19 \cdot 3 + 17 \cdot 7 = 37 \cdot 0$ und $z = (l' - 2)\sqrt{\frac{50}{37}} = 112 \cdot 9$. In der zweiten Reihe ist $l'' = 33$ und $w'' = 11 \cdot 0$, also in erster Annäherung $a' = 0 \cdot 24$, dann genauer $a' = 0 \cdot 237$ und $a'' = 0 \cdot 763$. Dies gibt $l' = 106 \cdot 2$, die Länge der Zweige $= 25$, den Schliessungsbogen $= 42 \cdot 7$ und $z = 104 \cdot 2\sqrt{\frac{50}{42 \cdot 7}} = 112 \cdot 8$.

Batterie A.

Zweig I	Zweig II	Stammdrath	w	l'	Zweige	z
2 Z. 4 □″	16	17·7	200·4	9·6	6·0	11·1
w′=515·6	8	—	86·4	11·6	4·7	14·5
	16	—	198·8	9·9	6·1	11·5
	16	174·9=	95·4	31·8	10·6	15·5
	20	75·9 I	158·4	18·6	9·6	12·7
	16	—	123·0	19·8	8·8	13·7
	16	17·7 + 20	164·9	13·1	7·2	11·7
	20	75·9 I + (2)8	137·5	24·8	11·0	14·4
						13·1
4 Z. 4 □″						
w′=1031	8	17·7	60·0	25·6	6·1	34·3
	16	—	163·8	24·4	9·7	30·3
	20	75·9 I	114·1	47·1	14·1	33·6
	24	—	147·6	45·0	15·6	31·8
	16	17·7 + 16	115·9	33·7	10·9	33·6
	24	75·9 I + (2)2	121·2	58·4	17·0	34·9
						33·1
6 Z. 4 □″	16	17·7	125·8	40·7	11·4	50·7
w′=1547	20	—	165·0	41·9	13·5	50·3
	24	75·9 I	117·2	74·0	18·1	52·5
	(2) 2	—	175·2	72·8	22·6	50·4
	16	17·7	122·2	41·5	11·5	51·7
	20	—	169·8	41·0	13·4	49·5
	20	49·7 II	105·8	62·7	15·2	53·3
	(2) 2	—	205·9	61·0	21·4	49·5
	(2) 2	174·9=	129·5	105·1	25·1	51·5
	(1) 2	—	206·9	101·3	27·7	49·3
	20	17·7 + 12	127·7	51·9	14·4	53·1
	24	75·9 I + (2)	99·1	93·6	19·9	57·1
						51·6

Zweig I	Zweig II	Stammdrath	w	l'	Zweige	z
6 Z. 3 □″	20	17·7	131·0	65·8	15·3	78·5
w'=2320	24	—	170·0	65·8	16·4	77·3
	(2) 2	75·9 I	137·8	117·0	25·7	80·7
	(2) 8	—	168·6	118·2	29·4	80·1
	24	17·7+12	133·8	79·8	18·4	79·3
	(2) 2	75·9 I + 24	129·0	130·3	26·3	80·8
						79·4
6 Z. 2 □″	24	17·7	123·4	99·1	19·3	112·9
w'=3094	(2) 2	—	180·0	106·2	25·0	112·8
	(2) 8	75·9 I	134·4	171·9	31·8	115·8
	(1) 2	—	179·4	178·3	38·4	116·6
	(2) 2	17·7+4	165·2	113·0	25·6	114·1
	(1) 2	75·9 I + 12	173·3	191·2	39·0	118·8
						115·2
6 Z. 1 □″	(2) 2	17·7	102·5	233	29·0	239
w'=6187	(1) 2	—	165·7	263	41·3	242
	(1) 2	75·9 I	105·2	405	43·7	260
	(1) 16	—	144·4	414	54·7	255
	(2) 2	17·7	102·5	233	29·0	239
	(1) 16	75·9 I	149·1	404	54·5	249
	(1) 2	49·7 II	122·2	340	42·8	248
	(1) (2) 16	174·9=	192·5	550	80·3	243
						247

Während die vorstehenden Versuche die Proportionalität der äquivalenten Länge der Flüssigkeitsschicht oder von $l'-2$ zu $\sqrt{L}$ nachweisen, kann man die Abhängigkeit von z von dem Widerstande nach der empirischen Formel $z = a w^b$ berechnen, worin log. $a = 0{\cdot}7942$ ist, w den Widerstand der Flüssigkeitsschicht 257·8 als Einheit gesetzt bezeichnet, und b den Werth 1·16556 hat. Man erhält so

w	z beobachtet	z berechnet
2	13·1	14·0
4	33·1	31·3
6	51·6	50·2
9	79·4	80·8
12	115·2	112·8
24	247	247·2

Es wurden hierauf mit Batterie $A + B$ und mit Batterie $A + B + F_2 + F_3$ zwei neue Reihen mit dem einfachen Stamm angestellt, der wegen der vermehrten Zahl der zu den Flaschen

führenden Dräthe = 17·4 und 17·3 angenommen wurde. Auch hier wurde z auf einen Schliessungsbogen = 50 reducirt, und dann das Verhältniss gegen die beobachteten mittleren Werthe von z mit Batterie A berechnet.

Batterie A + B. Stammdrath = 17·4.

Ladung = 20, 24 und 28 oder Schlagweite = 0·85, 1·05 und 1·25 Linien.

Zweig I	Zweig II	w	l'	Zweige	z	Verhältniss
2 Z. 4 □″	18	161·5	14·4	8·2	17·3	1·39
	16	134·7	15·5	7·9	19·0	
4 Z. 4 □″	20	133·4	36·5	12·5	44·6	1·37
	18	111·3	37·7	12·2	46·4	
6 Z. 4 □″	24	121·9	63·2	17·4	72·3	1·41
	20	98·4	61·0	15·1	73·2	
6 Z. 3 □″	26	107·8	98·4	20·6	110·6	1·37
	(2)2	148·6	100·1	24·8	106·8	
6 Z. 2 □″	(2)2	109·2	149·3	27·1	156·1	1·36
	(2)8	128·7	159·0	31·3	159·1	
6 Z. 1 □″	(1)2	92·2	388·5	43·4	350·5	1·40
	(1)8	109·2	391·7	48·2	340·3	
						1·38

Das gefundene Verhältniss 1·38, in welchem die Werthe von z wachsen, entspricht dem Verhältniss

$$\sqrt{A} : \sqrt{A+B} = 1 : \sqrt{1{\cdot}966} = 1 : 1{\cdot}40.$$

Batterie A+B+F_2+F_3. Stammdrath = 17·3.

Ladung = 14, 16 und 18 oder Schlagweite = 0·55, 0·65 und 0·75 Linien.

Zweig I	Zweig II	w	l'	Zweige	z	Verhältniss
2 Z. 4 □″	24	147·8	21·5	11·3	25·8	1·90
	(2)2	198·4	20·4	12·6	23·8	
4 Z. 4 □″	(2)2	143·2	56·9	20·8	62·9	1·93
	(2)8	162·4	60·7	23·7	64·8	
6 Z. 4 □″	(2)8	129·0	99·8	28·0	102·8	1·99
	(1)2	164·6	105·0	33·3	103·0	
6 Z. 3 □″	(1)2	127·3	169·7	37·9	159·6	2·00
	(1)8	145·9	174·1	41·8	158·3	
6 Z. 2 □″	(1)8	106·5	264·8	45·5	234·3	1·99
	(1)16	126·4	270·3	51·1	229·4	
	(1)24	146·8	275·3	56·5	225·0	
6 Z. 1 □″	(1)(2)2	97·5	640	71·0	480	1·96
	(1)(2)16	115·3	692	82·8	488	
						1·96

Das Verhältniss, in welchem z zunimmt, ist wiederum wie $\sqrt{A} : \sqrt{(A + B + F_2 + F_3)} = 1 : \sqrt{3 \cdot 836} = 1 : 1 \cdot 96$.

Die Grösse $l' - 2$, um welche der schlecht leitende Theil an Länge zunimmt, wächst also 1. proportional zur Quadratwurzel aus der Länge des ganzen Schliessungsbogens, 2. proportional zur Quadratwurzel aus der Stärke der Batterie, 3. unter constanten Verhältnissen nahe proportional zum Widerstand, und ist 4. unabhängig von der Ladung der Batterie. Wird derselbe schlecht leitende Theil in den einfachen Schliessungsbogen eingeschaltet, so behält er seine Länge bei, wenn auch unter Modificationen, die durch die übrigen Theile herbeigeführt werden; dies haben alle bisherigen Versuche besonders mit der Nebenbatterie ergeben.

Nach diesen neuen Beobachtungen kann der aus dem Widerstand entstehende Zuwachs an Länge nicht mehr von der Zeitdauer der Batterieentladung abhängig gemacht werden, da ein in den Schliessungsbogen hinzugefügter Widerstand nicht, wie bisher von mir angenommen wurde, als solcher wirkt, sondern nur durch die ihm entsprechende Länge, welche er dem Schliessungsbogen hinzufügt. Es würde abermals unmöglich sein, eine Verbindung der obigen Thatsachen mit der eigenthümlichen Art des elektrischen Stromes nachzuweisen, wenn jetzt nicht die schönen Versuche von Feddersen vorlägen, in denen er die Oscillationsdauer gemessen hat, welche die undulatorischen Bewegungen der Elektricität über den Schliessungsbogen abtheilt. In seiner Abhandlung Pogg. Ann. Bd. 116, S. 152 findet er die Oscillationsdauer unabhängig von der Stärke der Ladung, dann proportional zur Quadratwurzel aus der Anzahl der Flaschen, die bei ihm als gleich vorausgesetzt werden, endlich zunehmend mit der Länge des Schliessungsbogens, doch nach einem nicht sicher aufgefundenen Gesetze. Wenn aber das Gesetz feststeht, dass die Oscillationsdauer proportional zur Quadratwurzel aus der Flaschenzahl ist, so lässt sich aus dem Nebenbatteriestrom nachweisen, dass sie auch proportional zur Quadratwurzel aus der Länge des Schliessungsbogens sein muss. Bei der Nebenbatterie gilt nämlich für's Maximum des Nebenbatteriestromes, da wo er mit dem Hauptstrom am meisten übereinkommt, die Länge des Nebendrathes gleich der des Hauptdrathes, wenn sie sich zu ihr umgekehrt verhält wie die Zahl der gleichen Flaschen in der Nebenbatterie zu denen der Hauptbatterie; hiernach findet übereinstimmende Elektricitätsbewe-

gung Statt, wenn die Schliessungsbogen gerade im umgekehrten Verhältniss zur Grösse der Batterien stehen; verkürzt also die kleinere Batterie die Oscillationsdauer im Verhältniss der Quadratwurzel aus der Flaschenzahl, so muss der längere Schliessungsbogen sie in demselben Verhältniss wieder vergrössern. Dass übrigens bei Feddersen durch die Leitung des Drathes, der wahrscheinlich gegen die Wände condensatorische Wirkungen ausübte, Störungen vorgekommen sind, lässt sich fast zur Gewissheit nachweisen. Nach ihm ist, wenn q die Wurzel aus den Längen L des Schliessungsbogens bezeichnet, 5·26 Meter als Einheit genommen, und t die Oscillationsdauer in 0·00000001 Secunden als Einheit:

L	q	t	$\frac{t}{q}$
5·26	1	132	132
15·26	1·703	312	183
25·26	2·191	410	187
45·26	2·933	601	205
65·26	3·522	753	214
85·26	4·025	845	210
115 26	4·682	935	200
180·3	5·855	1310	224
317·3	7·766	1770	228
445·3	9·200	2270	247
1343	15·98	3980	249

Es stimmt das Gesetz von $L = 15·3$ bis $25·3$, dann von $L = 45·3$ bis $115·3$, von $L = 180·3$ bis $317·3$, endlich von $L = 445·3$ bis 1343; dazwischen liegen Sprünge, die schwerlich auf einem Gesetz, sondern auf Störungen irgend einer Art beruhen. Mir scheint es am sichersten, grosse Längen Drath durch Spiralen in zwei oder mehrere Schichten zu ersetzen, welche der Strom in gleicher Richtung durchströmt, und wo die äquivalente Länge durch die Wirkung des Nebenstromes sehr gross wird. Nur möchte ich nicht rathen, die isolirten Schichten dicht auf einander zu winden, sondern sie durch eine Luftschicht von einander zu trennen, weil sonst die Rolle als Condensator wirkt, was neue Störungen veranlassen möchte. Auch dürfte es zweckmässig sein, den Spiralen keinen zu grossen Durchmesser zu geben, damit ihre Wirkung nach der Seite, d. h. auf neben stehende Spiralen keine bemerkbare werde.

Wie man auch die letzten Versuche bei Feddersen betrachtet, so folgt doch jedenfalls aus der Vergleichung seiner Beobachtungen

mit den meinigen, dass der Zuwachs an äquivalenter Länge bei constantem Widerstande proportional zur Oscillationsdauer des Stromes ist. Dies Resultat, das zum ersten Male eine Verbindung der Thermometerbeobachtungen mit den Untersuchungen des elektrischen Funkens herstellt, macht sogleich viele Verhältnisse klarer. Zuerst ergibt sich, dass ein Widerstand im Schliessungsbogen nicht den Einfluss auf die Elektricitätsbewegung übt, wie im galvanischen Strom. Als Feddersen in einen zum grössten Theil aufgerollten Schliessungsbogen von 161·3 Meter Länge, der also noch eine grössere äquivalente Länge [1]) besass, eine Säule verdünnter Schwefelsäure eingeschaltet hatte, wurde die Oscillationsdauer nicht geändert. Dies erklärt sich, wenn beim elektrischen Strome nicht der Widerstand, sondern die Länge der Dräthe entscheidet; die Säule verdünnter Schwefelsäure selbst konnte nach dem Obigen keine bedeutende äquivalente Länge haben, blieb also ohne bemerkbare Wirkung in dem schon sehr langen Bogen.

Die Gesetze der Stromtheilung werden ebenfalls klarer. Sind zuvörderst in einen Stamm zwei ungleich lange, sonst gleichartige Zweige eingeschaltet, so kann dieselbe Oscillationsdauer für beide Zweige nicht bestehen, wenn sie nicht eine gleiche äquivalente Länge erlangen; sind also die Längen der Zweige einzeln l' und l'' und die Stromtheile a' und a'', so muss ihre Länge auf $l'\,a' = l''\,a''$ zurückgehen, oder $l' : l'' = a'' : a'$ sein. Dass Zweige in dieser Weise ihre Länge ändern, habe ich schon früher aus der Länge der überschlagenden Funken so wie aus den Gesetzen des Nebenbatteriestromes nachgewiesen. Feddersen gibt auch hiezu die Bestätigung. Als er in den Stamm = 5·3 Meter erst einen Drath (freilich zickzackförmig) von 30 Meter dann 2, 3 und 4 gleich lange Zweige eingeschaltet hatte, war t in 0·0000001 Secunden als Einheit genommen:

Zweige	L	t	$\frac{t}{VL}$
1	35·3	40	6·74
2	20·3	30	6·66
3	15·3	25	6·39
4	12·8	24	6·71

Dies genügt, um die Berechnung der den Zweigen zukommenden Länge zu bestätigen. — Enthält hierauf der eine Zweig einen

[1]) Nach S. 166 verglichen mit S. 164 = 1072 Meter.

schlecht leitenden Theil, so entsteht dadurch eine gewisse Stauung, die einer bestimmten Drathlänge gleich kommt. Der Strom verzweigt sich wieder umgekehrt nach den Längen, damit für beide Wege die Oscillationsdauer dieselbe werde. Von galvanischen Gesetzen auszugehen widerspricht, wie man jetzt leicht sieht, der ganzen Natur des elektrischen Stromes.

Sitzungsberichte Bd. 44 habe ich ferner nachgewiesen, dass ein Drath, wenn er so geformt ist, dass der Strom ihn in parallelen Windungen gleichgerichtet durchfliesst, an äquivalenter Länge zunimmt, dagegen an äquivalenter Länge verliert, wenn der Strom auf ihm in entgegengesetzter Richtung geleitet wird, und dass diese Wirkung nach den Gesetzen des Nebenstromes mit der Entfernung der Windungen von einander abnimmt. Auch dies findet in der Oscillationsdauer nach Feddersen seine Bestätigung; sie wächst bei gleichgerichteten, wird kleiner bei entgegengerichteten Strömen. Nur die Gesetze des Nebenstromes lassen sich wohl nicht mit Sicherheit aus seinen Beobachtungen ableiten [1]). Der Nebenstrom

---

[1]) Setzt man übrigens 0·00000001 Sec. als Einheit genommen, die Oscillationsdauer für den 105·3 Meter langen Schliessungsbogen, wenn er gestreckt wäre = 940, nämlich das Mittel von den Zahlen bei entgegengesetzten und gleichgerichteten Strömen in 62 und 1000 Millim. Abstand, also von $\frac{782 + 1084}{2} = 933$ und $\frac{906 + 986}{2} = 946$, so erhält man die Oscillationsdauer t in Feddersen's erster vollständiger Reihe nach meinen Beobachtungen in Bd. 44, S. 277 und unter der Voraussetzung, dass t proportional zur Quadratwurzel aus der Länge des Schliessungsbogens ist, aus der Gleichung: $t = 940 \sqrt{\frac{30·3 + 75\,(1-N)}{105·3}}$; hierin ist $N = \frac{a}{b+d}$, d die Distanz der Windungen in Millimeter und die Constanten a und b nehmen die Werthe 122·2 und 220·5 an.

Man berechnet nach dieser Formel:

Abstand der beiden Windungen	t beobachtet	t berechnet
62mm	782	782
125	813	813
253 (250?)	850	850 (849?)
500	878	881
1000	906	906

Die Berechnung zeigt die Giltigkeit der Formel an, jedoch ist die Zahl 940 etwas unsicher, und über die Abhängigkeit der Constanten a und b von der Länge der parallelen Dräthe fehlen noch Beobachtungen. Rechnet man d in Pariser Linien, so wird $a = 54·1$, $b = 97·5$ und l (die Länge einer Windung) = 115'4, wogegen bei mir $l = 28'$, $a = 24·5$ und $b = 37·5$ war.

vermindert ebenfalls die Länge des Hauptdrathes, welche ihn erregt, weil er dem Hauptstrome entgegengesetzt fliesst. Darüber hat Feddersen noch keine Beobachtungen angestellt. Diese nun auf zweifache Weise bestätigten Thatsachen erklären wieder die beobachteten Änderungen in der Stromtheilung. Lässt man den einen Zweig unverändert und spannt als den andern Zweig einen Drath gestreckt aus, so erhält er einen bestimmten, von den Längen der beiden Zweige abhängenden Stromtheil; windet man hierauf den Drath in zwei oder mehrere parallele Windungen, die der Strom in gleicher Richtung durchfliesst, so wird der Stromtheil geringer, weil der Zweig an Länge gewonnen hat; biegt man den Drath so, dass der Strom in entgegengesetzter Richtung zurückkommt, so vergrössert sich der Stromtheil, denn die Länge des Zweiges ist kleiner geworden; legt man endlich parallel zum Drath einen andern isolirten, dessen Enden man verbindet, so wird wieder der Stromtheil grösser, denn wegen des entgegengesetzt fliessenden Nebenstromes ist wiederum die Länge des Zweiges verkürzt worden.

Auch auf den Nebenstrom lässt sich das gewonnene Resultat leicht übertragen. Nach meinen Beobachtungen ist der Nebenstrom mit dem Hauptstrom ganz gleichartig; die Oscillationsdauer ist bei ihm also dieselbe. Überträgt nun unter sonst constanten Verhältnissen der Hauptdrath seine Wirkung auf den gespannten Nebendrath, und man ändert die Länge des schliessenden Bügels, womit sich die Gesammtlänge l des ganzen geschlossenen Ringes ändert, so kann der Nebenstrom nicht anders dieselbe Oscillationsdauer bewahren, als wenn ln constant bleibt, wo n die Stärke des Nebenstromes bedeutet; also ist n umgekehrt proportional zu l, wie dies meine Beobachtungen erwiesen haben. Hieraus erklären sich wieder ganz einfach folgende Versuche mit dem Nebenstrom. Schliesst man den gespannten Drath erst mit einem kurzen Platindrath und dann mit einem langen Kupferdrath, welcher mit jenem gleichen Widerstand hat, so ist im letztern Fall der Nebenstrom geringer, weil l grösser geworden ist; der kurze Platindrath hat nur eine kleine äquivalente Länge. Lässt man ferner den schliessenden Drath erst gestreckt, dann in gleich gerichteten, endlich in entgegengesetzten Windungen, so nimmt gegen den ersten Fall der Strom im zweiten ab, im dritten zu, weil l sich im zweiten Falle vergrössert, im dritten verkleinert. Den dritten Fall erhält man ebenfalls, wenn man zu dem

schliessenden Drath einen andern isolirten parallel legt und seine Enden verbindet; der neue Nebenstrom verringert die Länge des Drathes und damit l, von dem die Stärke des ersten Nebenstromes abhängt.

Selbst ein bisher ganz isolirt stehender Fall kommt jetzt in seine richtige Verbindung. Als ich, Sitzungsberichte Bd. XXXIII, p. 163, die Batterie A mit ihrem Schliessungsbogen L aufstellte, und zugleich die Batterie B durch einen Drath von veränderlicher Länge L' mit A verband, worauf beide sich gleichzeitig entluden, so hatten die während der Entladung sowohl von B nach A über den Funkenmesser schlagenden Funken, als die an B von Innen nach Aussen überschlagenden, bei gewissen Werthen von L' ein Minimum der Länge; das erste Minimum setzte ich S. 171, wenn L' 6 — 7mal so gross als L ist. Da L beiden Batterien dient, so ist seine Länge doppelt zu rechnen; es verhalten sich die Längen der Schliessungsbogen der beiden Batterien beim ersten Minimum wie 2 : 8 — 9, oder das erste Minimum tritt ein, wenn die Oscillationsdauer für B doppelt so gross als für A wird. Die anderen Minima werden wohl bei drei-, vier- u. s. w. facher Oscillationsdauer eintreten.

Ich habe noch mit der Platinspirale C eine Reihe durchgemacht, in welcher Zw. II wie bei der Flüssigkeit nur Kupferdrath, Zw. I nur C mit 0·2′ K. enthielt.

Batterie A.

Zweig I	Zweig II	Stammdrath	w	l'	Zweige
C	20	17·7	192·2	11·4	9·7
$w'=472·5$	16	—	156·6	11·9	6·8
	16	49·7 II	124·4	16·8	8·2
	20	—	155·8	16·6	9·1
	20	75·9 I	140·8	19·7	10·0
	24	—	170·6	18·6	10·4
	24	174·9=	148·0	25·6	12·3
	(2) 2	—	201·8	23·0	13·5

Lässt man von l' 5·2 fort, um den aus dem Widerstand entstehenden Zuwachs z allein zu erhalten, so ist in Mittelwerthen

L	z	Fl
26·0	6·5	9·1
58·4	11·5	13·6
86·1	14·0	16·5
187·8	19·1	24·4

Das Gesetz, dass z proportional zu $\sqrt{L}$ ist, ist nicht scharf ausgeprägt; die 5·2 Fuss Drath stören. Nach der Formel $z = aw^b$ würde eine Flüssigkeitsschicht von gleichem Widerstand wie C die unter Fl beigesetzten Zahlen gegeben haben.

Batterie A+B. Stammdrath = 17·4.

Zweig I	Zweig II	w	l'	Zweige	L	z
C	20	161·9	14·3	8·3	25·7	9·1
	24	189·7	14·0	8·8	26·2	8·8

Batterie A+B+F_2+F_3. Stammdrath = 17·3.

Zweig I	Zweig II	w	l'	Zweige	L	z
C	(2) 2	204·6	17·3	11·4	28·7	12·1
	24	142·5	20·0	10·9	28·2	14·8

Das Verhältniss, welches aus der Änderung der Batterie entsteht, tritt schärfer hervor.

Einige Pseudomorphosen.

Von **Dr. Gustav Tschermak.**

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. November 1862.)

In der Sammlung von Felsarten, welche das k. k. Hof-Mineralien-Cabinet bewahrt, fielen mir mehrere Pseudomorphosen auf, deren kurze Beschreibung ich hier folgen lasse, dazu etwas von dem, was ich auf einer Tour durch den Harz beobachtete; es sind dies die beiden ersten der angeführten Fälle.

Die Untersuchung von Pseudomorphosen, die im Gestein eingewachsen vorkommen, hat schon an und für sich mehr Schwierigkeiten, als die Beobachtung an umgewandelten freien Krystallen. Im vorliegenden Falle wird das Hinderniss noch verdoppelt, da die Stücke einer solchen Sammlung nicht nach Belieben zerschlagen, geätzt, angeschliffen werden können u. dgl. Während ich nun einerseits bemüht war, durch möglichste Sorgfalt bei der Beobachtung dem letztern Umstande das Gleichgewicht zu halten, habe ich andererseits den Grad der Sicherheit des Resultates genügend charakterisirt, so dass jedem Leser ein richtiges Urtheil ermöglicht ist.

Eingewachsene Pseudomorphosen sind bekanntlich noch viel mehr als die anderen geeignet, Stützpunkte für die Erforschung der Entwickelungsgeschichte der Erdrinde zu liefern, eben desshalb ist Umsicht und Sorgfalt bei der Beobachtung doppelt nöthig.

Dem Herrn Director Dr. M. Hörnes sage ich besten Dank für die gütige Unterstützung, welche er meiner Arbeit angedeihen liess; ferner Herrn Dr. A. Madelung für die Theilnahme, mit welcher derselbe deren Fortgange folgte.

Die beobachteten Fälle sind:

Opal nach Nephelin.

An einem der Porphyrpunkte *S* von Elbingerode im Harz, und zwar zunächst dem genannten Orte, fand ich neben braungrauem,

weissfleckigem Porphyr eine eigenthümlich aussehende Gesteinspartie. Im frischen Bruche ist sie etwas fett glänzend bläulichgrau, porös, rauh anzufühlen und zeigt viele bläulichweisse oder schneeweisse Körner von muscheligem Bruche und starkem Fettglanz. Die letzteren erweisen sich als Opal. Bei genauerer Betrachtung finden sich an einigen sechsseitige Umrisse; diese Pseudomorphosen stecken meist nur locker im Gestein, lassen sich ohne Verletzung herausziehen und als sechsseitige Säulchen, beiderseits von Endflächen begrenzt erkennen. Öfter finden sich auch 12seitige Prismen (Fig. 1). Selten kömmt ein Ansatz von Pyramidenflächen vor. Derlei Pseudomorphosen finden sich theils einzeln, theils in Gruppen von drei bis fünf Individuen im Gestein eingewachsen. Die Säulchen sind zwei-, höchstens dreimal so lang als breit; ihre Länge beträgt höchstens 6 Millimeter.

Es scheint mir demnach nicht zweifelhaft, dass diese Pseudomorphose dem Nephelin zuzurechnen sei, da dessen Form mit der eben beschriebenen in voller Übereinstimmung ist.

Das Gestein ist übrigens durch den Absatz von Opal gänzlich umgewandelt, alles ist pseudomorphosirt, bei der Erhärtung des Opals verminderte sich das Volumen, daher das Gestein viele Sprünge und Risse bekam. Einige Krystalle sind fast ganz entfernt. An ihrer Stelle blieb eine poröse schlackig aussehende Masse zurück. Eigenthümlich ist das Vorkommen von Quarzpartien in dem Gestein. Diese scheinen ebenfalls Pseudomorphosen zu sein, doch lässt sich keine bestimmte Form erkennen. Der Quarz ist allseitig von Sprüngen durchzogen, brüchig und fällt beim Kratzen mit der Messerspitze aus dem Handstück heraus; die zurückbleibende Höhlung ist öfter rundlich.

Noch ist eine Pseudomorphose zu erwähnen, die im selben Gestein vorkömmt:

Opal nach Augit.

Neben den vorgenannten Nephelin-Pseudomorphosen finden sich noch andere, die meist grösser sind (meist 8 Millim. lang), aus weissem oder grauem Opal von geringem Fettglanz bestehen und im Innern öfters eine schwärzliche schlackige Substanz führen, ein Residuum des verdrängten Stoffes. Diese Pseudomorphosen zeigen dort, wo ein Hauptschnitt vorliegt, theils sechsseitige, theils

achtseitige Umrisse (Fig. 2); manche lassen sich aus dem Gesteine herauslösen. Diese zeigen nur sehr unvollkommen die frühere Form wegen der Unebenheit ihrer Oberfläche (Fig. 3), sie erscheinen wie verwitterte, abgerundete Krystalle. Trotz der Unvollkommenheit der Umrisse zweifle ich doch nicht, dass die ursprüngliche Form die gewöhnliche Augitform (Fig. 4) gewesen sei, dass man es also hier mit einer Pseudomorphose von Opal nach Augit zu thun habe.

Das Gestein scheint nach all' dem in einem seiner früheren Entwickelungsstadien dem Nephelinfels ähnlich gewesen zu sein.

Über Opal nach Augit vergl. Bischoff's Lehrbuch der phys.-chem. Geol. II. 556.

Magnetit nach Augit.

In dem Nephelinfels von Meiches in Hessen zeigen sich in jenen stark veränderten Handstücken, welche Sanidin und Apatit führen, öfters die Augitkrystalle theilweise durch Magnetit ersetzt. Da ziemlich grosse Partien der Krystalle vollständigen Metallglanz und schwarzen Strich besitzen, so lässt dies die Idee nicht aufkommen, es könnte eine blosse Einlagerung, ein Einschluss sein.

Vollständiger zeigt sich diese Pseudomorphose im „Grünstein" von Linde bei Kohren in Sachsen, wo manche Augitsäulen ganz in Magneteisen umgewandelt sind (vergl. Bischoff l. c. 572 und meine Beobachtungen Jahrb. der geolog. Reichsanstalt, Bd. IX, S. 76).

Calcit nach Augit.

„Tökörö in Siebenbürgen" ist der Stammort eines Gesteines, das in einer rothgrauen erdigen Grundmasse eine Unzahl sehr kleiner, weisser Calcitmandeln, ferner grössere graulichgelbe, feinkörnige Calcitpartien enthält, welche letztere durch ihre scharfen, geradlinigen Umrisse sogleich an ihre pseudomorphose Natur erinnern. Aus der Gestalt der beim Herausfallen solcher Pseudomorphosen gebildeten Hohlräume und aus der Form der Umrisse ergibt sich die dem basaltischen Augit zugehörige Form in Fig. 4 als die ursprüngliche. Der Winkel $-P\infty : \infty P\infty$ lässt sich an dem Profil jener Formen zu 74° bestimmen. Man hat es also wirklich mit einer Pseudomorphose von körnigem Calcit nach Augit zu thun. Die Calcitausfüllung ist indess nicht rein: bei der Auflösung in verdünnter Säure bleibt etwas erdiger Brauneisenstein, auch ein wenig von einem bräunlichen oder grünlichen, eisenhältigen Silicat zurück.

Letztere Beimengungen sieht man in unregelmässigen Adern, oder nach Linien eingesprengt, die den früheren Spaltflächen entsprechen. Das Gestein mag demnach ein veränderter Augitporphyr sein.

Neben den Pseudomorphosen von Grünerde nach Augit, welche im veränderten Augitporphyr des Fassathales vorkommen, finden sich auch solche Pseudomorphosen nach Augit, welche nur im Innern aus Grünerde bestehen, im übrigen von feinkörnigem Calcit gebildet werden. Sie finden sich in der Nähe von Calcitadern im Gestein (vergl. Haidinger in Poggendorff's Ann. LXII, S. 308. Blum, Pseudomorphosen, S. 209).

Calcit nach Feldspath.

Im Augitporphyr vom Monzoni und der Seisseralp, auch im nassauischen Grünsteine finden sich mandelsteinartige Partien, die eine grosse Zahl von Calcitausfüllungen führen. An den geradlinigen und oft genau symmetrischen Umrissen erkennt man die letzteren als Pseudomorphosen. Es gelang mir indess nur sehr schwer, über die ursprüngliche Form genauen Aufschluss zu erhalten, weil die Umrisse häufig keinen sichern Schluss zulassen. Combinirt man indess einige Formen derselben, wie z. B. Fig. 5 *a* ein gestrecktes Sechseck als Längsschnitt, *b* ein Sechseck als Querschnitt, endlich *c* ein Fünfeck als schiefer Schnitt der Pseudomorphose, so kömmt man zu der Feldspathform in Fig. 6, an der die vorgenannten Schnitte eingezeichnet erscheinen. Die Calcitausfüllung ist in den beiden letzteren Gesteinen feinkörnig und führt etwas von kieselsäurehältiger Beimengung. Im ersteren Gestein hat man dagegen ganz dichten Calcit von splitterigem Bruche, der etwas eisenhältig ist. Im Nassauer Gestein kommen noch andere Pseudomorphosen vor, die ich als Calcitausfüllungen nach Augit deuten möchte, indessen gestatten die Unvollkommenheiten der Form keinen sichern Schluss. An Handstücken des „Trachytporphyrs" von Offenbánya in Siebenbürgen fand ich den Feldspath in Gemenge von Kalkspath und kaolinartiger Substanz umgewandelt. Die äussere Form war dabei noch sehr gut zu erkennen (vergl. auch Haidinger l. c. Sillem ebenda LXX, S. 570, ferner Jahrb. f. Min. 1851, S. 393 u. 1852, S. 515).

Saussurit nach Feldspath.

Diese Pseudomorphose ist bis jetzt übersehen worden, obgleich sie nicht selten vorkömmt. Im Porfido verde antico aus Ägypten

findet man in dunkelgrüner dichter Grundmasse viele Feldspathstücke von 1/2 Zoll bis 1 Zoll Länge, die vollkommene Feldspathformen in scharfen Umrissen zeigen, daher man sie beim ersten Anblick für wirkliche Krystalle hält. Doch sie sind dicht von splitterigem Bruche, ohne eine Spur von Spaltbarkeit, obgleich man hie und da dunkle Linien, entsprechend der Lage von Spaltflächen des Feldspathes bemerkt. Die dichte felsitähnliche Masse schmilzt in der Löthrohrflamme leicht und gibt ein grün gesprenkeltes Glas. Eben so verhält sich die Grundmasse. Beide geben Reactionen auf Natron, Kalk, Eisen. Ich nenne die pseudomorphose Substanz einstweilen Saussurit, weil vieler sogenannter Saussurit sich eben so verhält.

Dass man es hier mit einer Pseudomorphose zu thun habe, wird noch durch den Anblick von Schliffflächen bestätigt: Während die kleineren Stücke vollends grün sind, besitzen die grösseren im Innern grünlichgelbe, unregelmässige Partien, die Rinde ist vollständig, grün (Fig. 7). An manchen Handstücken zeigen sich auch solche Pseudomorphosen, die etwas serpentinartige Substanz einschliessen. Das Gestein führt hie und da Quarzpartien, die von einer schwarzen Rinde umgeben sind. Letztere, so wie die stellenweise auftretenden schwarzen Pünktchen gehören einem glimmerähnlichen Mineral an.

Im Verde antico „aus dem Valle camonica" bei Bergamo, findet sich dieselbe Pseudomorphose sehr ausgezeichnet. In der dichten grünen Grundmasse sind bis 1/2 Zoll grosse feldspathähnliche Stücke von gelbgrüner Farbe eingewachsen. Sie zeigen mehr minder scharfe Umrisse von Feldspathformen, ferner ausgezeichnete leistenförmige Partien, wie sie durch die Zwillingsverwachsung von Feldspathlamellen entstehen. Hie und da sind grüne und gelbliche Längsstreifen den (früheren) Lamellen entsprechend zu sehen. Sonst sind die Feldsteinpartien im Innern auch unregelmässig fleckig oder von Adern durchzogen. Keine Spur einer Spaltbarkeit, vollkommen splitteriger Bruch. Vor dem Löthrohr geben die Pseudomorphosen so wie die Grundmasse ein schwarzes Glas.

Auch im „Diabas-Porphyr" von Rübeland am Harz findet man häufig die in der schwärzlich grünen dichten Grundmasse eingewachsenen Feldspathkrystalle in weisse Feldspathmasse umgewandelt. Hie und da deuten grüne Linien auf die frühere Spaltbarkeit; jetzt ist keine vorhanden, der Bruch ist splitterig. In der Löthrohrflamme

schmilzt die Masse schwierig an den Kanten. Die dunkle Grundmasse ist leicht schmelzbar. In einer Porphyrpartie bei Elbingerode beobachtete ich in einer röthlichgrauen Grundmasse weisse Partien feinkörnigen Feldspathes. Diese hatten geradlinige Umrisse. Wahrscheinlich sind es hierher gehörige Pseudomorphosen. An einem „Grünstein aus Brasilien" hingegen sah ich die Pseudomorphose von körniger Feldspathmasse Krystalle sehr deutlich, an vielen Gesteinen bemerkt man bei genauer Beobachtung Anfänge dieser Bildung. Das wäre also Saussurit, so wie dessen Verhalten in den Handbüchern angegeben ist.

Ich will mich diesmal nicht über die Bildung dieser Pseudomorphose aussprechen; nur darauf möchte ich jene, bei welchen dies nöthig ist, aufmerksam machen, dass sie ja nicht als Paramorphose aufzufassen sei. Eine Pseudomorphose ähnlicher, doch nicht derselben Art ist offenbar Delesse's Vosgit. (Jahrb. f. Mineral. f. 1848.)

Quarz nach Fasergyps und zugleich dieser nach Gypskrystallen.

Diese eigenthümliche Doppelpseudomorphose beobachtete ich in dem devonischen Glimmer führenden Schiefer von Recht in der Eifel. Dieser ist dunkel bläulich und grünlichgrau, unvollkommen schieferig, und zeigt nur hie und da Blättchen, die mit blossem Auge unterscheidbar sind. Was zuerst an ihm auffällt, sind die meist viereckigen Höhlungen, wovon an jedem Handstück ungefähr 100 von aussen bemerkbar sind. Diese haben im Mittel 4 Millim. Seite und zeigen die Form eines Würfels mit Streifung der Begrenzungsflächen, wie sie Fig. 8 darstellt. Diese Höhlungen sind demnach nichts anderes als Abdrücke von Eisenkieswürfeln.

Was demnächst in's Auge fällt, sind weisse, oft seidenglänzende, feinfaserige Partien, die sich immer an jene Hohlräume anschliessen, so dass kaum eine jener Höhlungen frei von dieser Begleitung ist. Beim Anblick der seidenglänzenden häufig gekrümmten Fasern wird schon jeder auf Fasergyps rathen, sieht man es erst genauer an, so bemerkt man recht bald daran auch Umrisse von Gypskrystallen (siehe Fig. 9) und Zwillingen; einige Messungen durch Visiren mit dem Anlegegoniometer auf günstig gelegene Stücke bestätigen dies, und nun ist kein Zweifel mehr, dass man es mit Afterkrystallen von Fasergyps nach blätterigem Gyps zu thun habe, doch — der Controlversuch mit der Spitze des Federmessers belehrt uns eines

andern, die Härte des faserigen Minerales ist bedeutend, die weitere Untersuchung ergibt die Härte und übrigen Eigenschaften des Quarzes! Also muss wohl der frühere Afterkrystall: Fasergyps nach blätterigem Gyps mit Beibehaltung der Faserstructur in Quarz umgewandelt worden sein! Es scheint mir nichts dagegen zu sprechen. Vielleicht findet es jemand anderer bequemer, zu sagen: „Faserquarz nach Gyps". In so fern es das Endresultat bezeichnet, habe ich nichts dagegen; sollte jedoch damit angedeutet werden, dass sich an die Stelle von blätterigem Gyps direct Faserquarz abgesetzt habe, so würde ich dies für eben so unrichtig halten, als wenn jemand behauptete, dass der sogenannte zellige Quarz sich direct und vollständig so gebildet habe.

Die geschilderten Hohleindrücke und Pseudomorphosen bezeichnen offenbar bestimmte Stadien der Entwickelung jenes chloritischen Schiefers. Dabei muss vor Allem die Abhängigkeit der (früheren) Gypskrystalle von dem Eisenkies beobachtet werden: An jedem Eisenkieswürfel ist ein Gypskrystall angewachsen und man bemerkt häufig ein Fortsetzen des letzteren auf der andern Seite des Würfeleindruckes. Dass zwischen den beiden Theilen solcher Gypspseudomorphosen ein Zusammenhang bestehe, lässt sich an mehreren Stellen nachweisen. Die Gypskrystalle haben sich also, nach Allem zu schliessen, erst nach dem Eisenkies gebildet.

Das Gestein mag also ursprünglich ein Mergelschiefer gewesen sein, in welchem sich Eisenkieswürfel bildeten. Später wurden diese zersetzt und während der Zersetzung, als die Würfel noch ihre volle Form hatten, schossen an jedem derselben einer oder mehrere Gypskrystalle an. Die Bildung der Eisenkieswürfel und der letzteren Krystalle geschah offenbar als das Gestein ziemlich weich war. Nachher wurden die Gypskrystalle durch irgend welchen Umstand in Fasergyps verwandelt, die weitere Umwandlung in Quarz wurde wohl durch Kalkspath vermittelt [1]). Endlich wurde durch kieselsäureführende Gewässer das faserige Mineral in faserigen Quarz umgebildet, die würfligen Pseudomorphosen nach Eisenkies wurden ausgelaugt und so einerseits Quarz abgesetzt, andererseits Eisensilicat durch das Gestein verbreitet, so dass es zuletzt zu chloritischen

[1]) S. Volger, Entwickelungsgeschichte der Talkglimmerfamilie, S. 79.

Schiefer wurde. (Über Quarz nach Gypsspath s. Blum, Pseudomorphosen 231.)

Glanzeisenerz nach Olivin.

Ein graues Gestein „vom Westabhang des Caltonhill bei Edinburgh“ enthält in einer grauen Grundmasse von erdigem Bruche eine grosse Anzahl kleiner gelblicher Krystalle, die einem zersetzten triklinischen Feldspathe angehören, ferner Pseudomorphosen von Glanzeisenerz und kleine Partien körnigen Calcites; es scheint ein zersetzter Dolerit zu sein. Das Glanzeisenerz zeigt häufig Umrisse wie Fig. 10, anderseits sind auch vollständige Krystalle von der Form wie in Fig. 11 zu bemerken. Der Winkel *rr* lässt sich zu ungefähr 80° bestimmen. Die Spaltbarkeit des ursprünglichen Minerals nach *b* ist an der Pseudomorphose sehr gut zu erkennen. Es bleibt kein Zweifel, dass das ursprüngliche Mineral Olivin gewesen sei. Das Glanzeisenerz hat die Olivinkrystalle entweder ganz ersetzt, oder blos die äussere Rinde, während im Innern sich erdiges Rotheisenerz findet (Fig. 12); das letztere wird hie und da auch durch eine lichtgraue erdige Masse ersetzt.

Dort, wo der Olivin total durch Glanzeisenerz ersetzt ist, musste offenbar noch von aussen eine gewisse Menge zugeführt werden, da der ursprüngliche Eisengehalt nicht genügte.

Glimmer nach Hornblende.

Ein Handstück Gneiss „vom Abhang des Radhausberges bei Gastein“ fällt sogleich durch seine schuppig-körnigen Partien von schwärzlichgrünem Glimmer auf, weil diese häufig so scharfbegrenzte Umrisse zeigen, dass man sie von etwas grösserer Entfernung aus zuerst für eingewachsene Krystalle eines dunklen Minerals hält. Es sind dies Pseudomorphosen. Welches Mineral jedoch hier durch Glimmer ersetzt worden, lässt sich nicht so leicht bestimmen. Sind indessen die Umrisse auch nicht genügend scharf, so führt doch die Durchmusterung derselben immer wieder auf den Gedanken, es müsse Hornblende gewesen sein, bei welchem Urtheil allerdings das Gestein selbst den zweiten Anhaltspunkt bietet. Einige charakteristische Umrisse gibt Fig. 13 wieder.

Das Gestein sieht, um in der gewöhnlichen Sprache zu reden, „sehr frisch“ aus. Es führt in feinkörniger, schneeweisser

Feldspathgrundmasse nebst den genannten Pseudomorphosen noch grössere röthliche und schneeweisse Feldspathkörner nebst etwas Quarz. Schon mit blossem Auge findet man eine Unzahl kleiner Poren, öfters von symmetrischem Umriss; das Ganze sieht dem Hutzucker ähnlich. Die Pseudomorphosen schmiegen sich innig an die feinkörnige Grundmasse. Nach Allem scheint es, dass der röthliche Feldspath ein Residuum aus einem früheren Stadium sei, dass er früher entstand als der weisse Feldspath und als die Pseudomorphosen, deren Bildung einem späteren Umwandlungsprocesse zuzuschreiben wäre.

Nachdem ich das Vorige geschrieben hatte, kam mir ein zweites Handstück des Gesteines vom Radhausberge in die Hand. Der erste Anblick genügte, um alle Zweifel über die Natur der vorher genannten Pseudomorphosen zu beseitigen. Das grünlich schwarze Mineral herrscht hier vor. Es ist wiederum Glimmer, die Blättchen sind grösser. Mitten zwischen diesen bemerkt man indess bei gleicher Farbe den Glanz grösserer Spaltungsflächen, man findet die Spaltbarkeit der Hornblende — und nun wohl leibhaftige Hornblende? Nein. Die Hornblende ist nicht so weich, dass sie sich mit der Messerspitze bequem und tief ritzen lässt. Doch ist es Hornblende gewesen. Der ringsum sitzende Glimmer aber zeigt uns, welchem Schicksal diese Pseudomorphosen entgegeneilen. Das früher beschriebene Handstück bezeichnet uns das Ende dieser Veränderungsphase des Gesteines.

Derartige Übergänge von Hornblendeführenden in Glimmer führende Gesteine sind bekanntlich nicht selten. Man hält indess die darin auftretende Hornblende meist für unverändert, was nicht der Fall ist. Diese Übergänge haben demnach wirklich die Bedeutung eines Zwischenstadiums der Umwandlung.

Jetzt, nachdem ich der Entstehung des Glimmers aus der Hornblende im Gneiss gefolgt war, konnte ich leicht noch andere Gesteine auffinden, die dasselbe bieten; so ein Gneiss aus der Provinz Rio de Janeiro von einem Steinbruch zwischen Clair und Morro Queimado. Die Grundmasse ist ebenfalls weiss, von lockerem Gefüge, führt klinoklastischen Feldspath, Quarz und starkglänzenden schwarzen Glimmer in Täfelchen von 3 Millim. Durchmesser, dazwischen liegt veränderte, leicht zerbrechliche Hornblende, welche hie und da in Sprüngen parallel den Spaltflächen Glimmerblättchen enthält. Ein Gestein aus

derselben Provinz, aus der Nähe von S. Theresa sieht genau so aus wie das eben genannte, doch findet sich kaum hie und da ein Hornblende-Restchen. Die theilweise Ersetzung der Hornblende durch Glimmer beobachtete ich in unzweifelhafter Weise im Granit von Meran, und einem Cordieritgneiss aus Ost-Sudan.

Im Glimmerschiefer aus dem Zillerthale finden sich bekanntlich nicht selten Säulen veränderter Hornblende, die theilweise durch Glimmer ersetzt sind. So könnten noch mehrere Gesteine aufgezählt werden, die alle einem ähnlichen Processe unterliegen. Die Pseudomorphosen im sogenannten Garbenschiefer gehören vielleicht auch hieher, doch sind die Umrisse wenig scharf.

Vollständige, eingewachsene Pseudomorphosen von Glimmer nach Hornblende waren bisher noch nicht beobachtet. (Übrigens vgl. Kenngott, Übers. d. Result. mein. Forschungen. 1855, S. 125 und Bischoff's Lehrb. d. phys.-chem. Geol. II. 875.)

Chlorit nach Glimmer.

An Handstücken von verändertem Trachyt (sonst Diorit genannt) von Schemnitz, so wie von „Trachytporphyr" von Offenbánya in Siebenbürgen sieht man sämmtliche Glimmersäulchen in eine weiche, grüne bis grünlichweisse, perlmutterglänzende Masse verwandelt. Die frühere vollkommene Spaltbarkeit lässt sich an der zurückgebliebenen, feinen Horizontalstreifung der Säulchen erkennen. Jetzt herrscht nur unvollkommene Spaltbarkeit, die erhaltenen Blättchen sind meist uneben. Hie und da bemerkt man feinschuppige Structur; öfters ist in die Säulchen auch andere Substanz in Sprüngen eingedrungen, wie man mittelst der Loupe deutlich sieht. Die pseudomorphose Substanz ist mild, wasserhältig, hat grünlichweissen Strich; sie schmilzt in der Löthrohrflamme an den Kanten zu dunklem Glase, nachdem sie aber mit Salzsäure behandelt und eisenhältige Substanz entfernt worden, ist der Rückstand unschmelzbar. Ich nenne die Substanz Chlorit, obgleich sie gewiss ein Gemenge mehrerer Mineralien ist.

Das Gestein von Schemnitz ist übrigens ein wahres Leichenfeld von abgestorbenen Krystallen: der Feldspath ist zu Kaolin, der Amphibol zu einer Art Grünerde geworden. Dagegen behaupten zwei Mineralien als Sieger das Schlachtfeld: der Eisenkies und der

Kalkspath. In dem Gestein von Offenbánya hat wohl der Hornblendebestandtheil gelitten; die Feldspathkrystalle dagegen sehen gut erhalten aus.

Zum Schlusse möchte ich noch einige Einschlüsse anführen, die ich beobachtete, da ich meine, dass bei genauer Beobachtung derlei Fälle oft dieselbe geologische Bedeutung haben, wie Pseudomorphosen.

Serpentin in Feldspathkrystallen

lässt sich an Handstücken des Diabasporbyr aus dem Rappodethal im Harz beobachten.

Die Feldspathkrystalle haben bis $^1/_2$ Zoll Länge, zeigen ziemlich glänzende Spaltflächen, hie und da feine Sprünge, die mit grüner Substanz ausgefüllt sind. Aber an einigen Krystallen sieht man auch mitten darin grössere grüne Partien, welche die Eigenschaften des Serpentins besitzen. Diese stehen mit jenen grünen Adern in Verbindung und ausserhalb der Krystalle finden sich auch häufig Serpentinpartikelchen. Sonst führt das Gestein auch Eisenkies, der augitische Bestandtheil ist ganz verändert.

Eisenkies im Augit.

In dem Basalt von „Egregy im Petvárer Gebirge bei Fünfkirchen“ hat sich auf der Oberfläche der Augitkrystalle sowohl als in den Sprüngen desselben, die den Spaltflächen entsprechen, Eisenkies in Blättchen angesiedelt. (Vergl. Jahrb. d. geol. Reichsanstalt, Bd. IX, p. 76.) Nun ist noch eine interessante Beobachtung zu besprechen, welche das Auftreten von

Kalkspath in Delessitkugeln

im Zwickauer Melaphyr zum Gegenstande hat. Die Kügelchen sind meist ganz oder theilweise hohl und dann werden sie von radialfaserigem Delessit gebildet. In vielen solchen Kügelchen findet sich krystallisirter Kalkspath, welcher den Raum theilweise erfüllt. Die Oberflächen aller dieser kleinen aus Rhomboëderchen bestehenden Drusen liegen einander parallel. Denkt man sich die Hohlkügelchen theilweise mit Wasser gefüllt und dieses dann bei einer bestimmten Lage des Gesteines gefroren, so hat man ein Bild hiervon. Nach diesem könnte man sich die Sache so erklären, dass der Kalkspath

nach der Infiltration in die Hohlkügelchen dort angeschossen sei. Aber die Drusen sehen nicht frisch, sondern wie angeätzt aus; sie sind mit weisslichem Staube bedeckt. In manchen Kügelchen finden sich blos einige staubige Bröckelchen, die zuweilen lose sind, endlich finden sich hie und da lose Kügelchen von Kalkspath darin, welche an ihrer Oberfläche wie angeätzt aussehen und feine Streifen tragen, entsprechend der innern krystallinischen Structur (Fig. 14).

Nun kehrt sich die Sache wohl um. Es gab ehemals Kalkspathkügelchen in dem Gesteine; diese wurden später von Delessit verdrängt, der Kalkspath aber verschwand rascher als der Delessit abgesetzt wurde — daher sind die Kügelchen des letzteren hohl geworden! So lässt sich auch hier die Entstehung einer Form im Mineralreiche verfolgen, deren Bildung für den ersten Augenblick unbegreiflich erscheint.

Fig. 1, a.

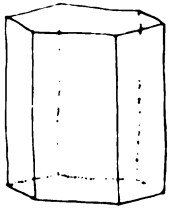


Fig. 1, b.

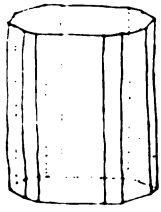


Fig. 2, a.

Fig. 2, b.

Fig. 3.

Fig. 4.

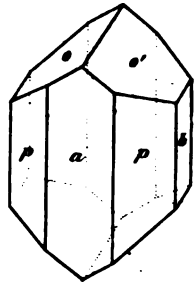


Fig. 5.

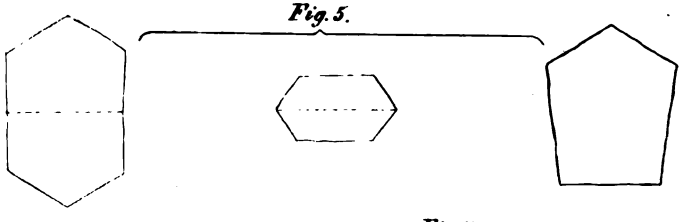


Fig. 6.

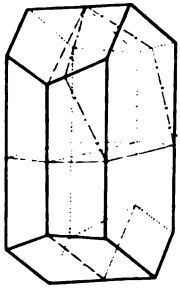
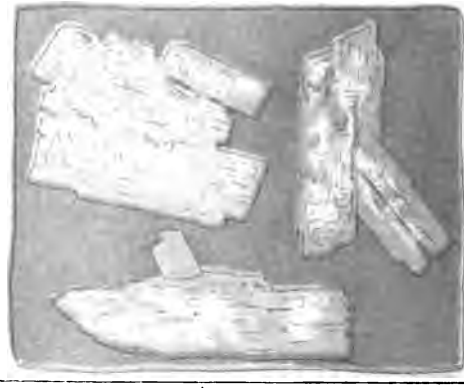


Fig. 7.



Andr. Obsieger gez. u. lith. Aus d. k. k. Hof. u. Staatsdruckerei.
Sitzungsb. d. k. Akad. d. W. math. naturw. Cl. XLVI. Bd. II. Abth. 1862.

Fig. 8.

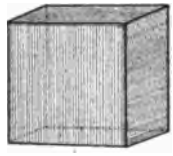


Fig. 9.

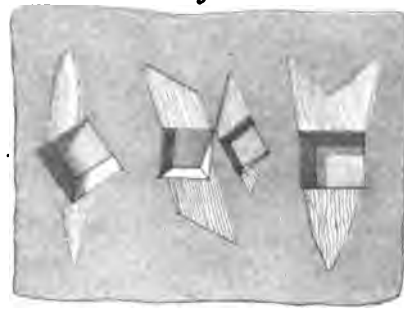


Fig. 10.

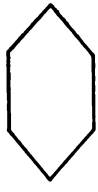


Fig. 11.

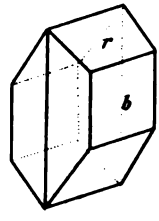


Fig. 12.

Fig. 13.

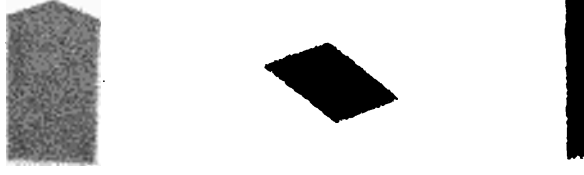


Fig. 14.

Andr. Obmeger gez. u. lith. Aus d. k. k. k. Aus d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei.

Sitzungsb. d. k. Akad. d. W. math. naturw. Cl. XLVI. Bd. II. Abth. 1862.

Über die Bewegung flüssiger Körper.

Von dem c. M. J. Stefan.

(Zweite Abhandlung.)

Der XLVI. Band der Sitzungsberichte enthält eine Abhandlung, in welcher ich die allgemeine Theorie der Bewegung flüssiger Körper mit Rücksicht auf die innere Reibung entwickelt habe. An diese Abhandlung schliesst sich die folgende Untersuchung an. Sie zerfällt in vier Abtheilungen.

Die erste enthält die Ableitung der Gesetze der geradlinigen Strömung in Röhren. Dieses Problem ist, auch mit Rücksicht auf die Reibung, schon öfters behandelt worden, ich habe die einschlägigen Arbeiten am Ende meiner ersten Abhandlung aufgezählt. Wenn ich dieses Problem wieder aufnehme, so geschieht es nicht blos, um schon bekannte Resultate nach einer kurzen und einheitlichen Methode abzuleiten und zusammenzustellen, sondern auch um bisher nicht näher in Betracht gezogene Eigenthümlichkeiten der Bewegungen von Flüssigkeiten an diesem speciellen Falle näher zu untersuchen, nämlich die Drehungen der kleinsten Theilchen, von denen jede von der innern Reibung beeinflusste Bewegung einer Flüssigkeit begleitet ist, wie ich es in der ersten Abhandlung bewiesen habe. Die Strömungsgesetze, welche die neue Theorie liefert, sind folgende:

Der Druck ist in allen Punkten eines Querschnittes gleich und nimmt längs der Röhre ab nach dem Gesetze einer geraden Linie.

Die Geschwindigkeit ist für jeden zur Axe parallelen Faden nach der ganzen Länge der Röhre constant, nimmt aber für die einzelnen Fäden von der Axe der Röhre gegen die Wand hin ab nach dem Gesetze einer Parabel, deren Ordinaten die Abstände der Fäden von der Axe, deren Abscissen die zugehörigen Geschwindigkeiten sind. Theilchen, welche sich zu irgend einer Zeit in einem Querschnitte befinden, sind zu einer spätern Zeit auf der Fläche eines Rotationsparaboloides vertheilt, dessen Axe mit der Axe der Röhre

zusammenfällt, und welches mit wachsender Zeit immer gestreckter wird.

Die Ausflussmenge per Secunde ist der Druckhöhe direct, der Röhrenlänge verkehrt proportional und steht ausserdem bei Flüssigkeiten, welche die Röhrenwand benetzen, mit der vierten Potenz des Radius, bei Flüssigkeiten, welche die Röhrenwand nicht benetzen, mit der dritten Potenz des Radius im directen Verhältnisse.

Die Drehungen der kleinsten Theilchen der Flüssigkeit finden um Axen Statt, welche im Querschnitte der Röhre liegen und auf der Linie, welche den Ort eines Theilchens mit der Röhrenaxe verbindet, senkrecht stehen. Die Drehungen geschehen in dem Sinne, dass die der Röhrenaxe zugewendeten Seiten der Theilchen mit der Strömung in gleicher, die abgewendeten Seiten in entgegengesetzter Richtung sich bewegen. Die Winkelgeschwindigkeit ist der Entfernung eines Theilchens von der Axe und der Druckhöhe direct, der Röhrenlänge verkehrt proportional. Aus Poiseuille's Versuchen über den Ausfluss des Wassers durch Röhren lässt sich der Coëfficient der innern Reibung für Wasser und aus diesem dann auch die Winkelgeschwindigkeit für jedes Theilchen berechnen. Man findet z. B. für den Fall, dass Druckhöhe und Röhrenlänge gleich sind, dass ein Wassertheilchen in der Entfernung von einem Millimeter von der Axe bei 220 Umdrehungen in der Secunde macht.

In der zweiten Abtheilung werden die Gesetze der Strömung in Röhren für den Fall untersucht, wenn die Flüssigkeit neben der fortschreitenden Bewegung auch noch eine drehende um die Axe der Röhre besitzt. Für die Winkelgeschwindigkeit dieser Drehung ergibt sich das Gesetz, dass sie für jede mit der Röhre concentrische Flüssigkeitsschale nach der ganzen Länge der Röhre dieselbe ist, von Schale zu Schale aber nach einem Gesetze sich ändert, welches durch eine der Integralrechnung angehörige Transcendente ausgedrückt wird. Der Druck wächst von der Axe der Röhre gegen die Wand hin, hingegen wird durch das Hinzukommen der Rotationsbewegung das Gesetz der Druckabnahme längs der Röhre so wie das Gesetz für die Geschwindigkeit der progressiven Bewegung nicht alterirt, somit auch die Ausflussmenge nicht geändert.

Die dritte Abtheilung enthält die Bestimmung der Reibung zwischen Glas und Quecksilber aus Versuchen, welche über die Schwingungen einer Quecksilbermenge in einer heberförmigen

Röhre von Herrn Prof. Ludwig ausgeführt wurden. Aus der Dauer einer Schwingung und aus der Grösse der Abnahme der auf einander folgenden Amplituden lässt sich der Reibungscoëfficient bestimmen. Die Reibung ist bei der Geschwindigkeit von einem Millimeter für die Berührungsfläche von einem Quadratmillimeter äquivalent einem der Bewegung entgegengesetzt gerichteten Zuge von 0·0035 Milligrammen.

Die vierte Abtheilung enthält eine Untersuchung über die mechanische Bedeutung der Reibungsconstanten, bildet daher zur ersten Abhandlung eine Ergänzung in theoretischer Beziehung. Das Princip, von dem die Untersuchung ausgeht, ist das der nothwendigen Homogeneität der Differentialgleichungen. Daraus wird gefolgert, dass die innere Reibung äquivalent ist mit einem Drucke oder Zuge, ferner dass der Coëfficient der innern Reibung bezüglich der Längeneinheit von der Dimension -2, bezüglich der Zeit und Gewichtseinheit aber von der ersten Dimension sei. Der Coëfficient der äussern Reibung ist bezüglich der Längeneinheit noch um eine Dimension niedriger. Aus Poiseuille's Versuchen findet man für den Coëfficienten der innern Reibung für Wasser von der Temperatur von 0° die Zahl 0·000182 und diese Zahl hat die Bedeutung, dass die Reibung zwischen zwei auf einander folgenden Schichten, deren Geschwindigkeitsdifferenz gleich ist ihrem Abstande, den Effect hat, als ob auf jedem Quadratmillimeter ein Zug von 0·000182 Milligrammen wirksam wäre und zwar an der langsameren Schichte mit der Bewegung gleich, an der schnelleren entgegengesetzt gerichtet.

Ich setze die Gleichungen, von welchen ich bei der folgenden Untersuchung ausgehe, wie ich sie in meiner ersten Abhandlung abgeleitet habe, hierher. Sie sind

$$\begin{aligned} X-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}&=\frac{d.u}{dt}-\frac{\mu}{\rho}\Delta u\\ Y-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}&=\frac{d.v}{dt}-\frac{\mu}{\rho}\Delta v\\ Z-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}&=\frac{d.w}{dt}-\frac{\mu}{\rho}\Delta w, \end{aligned} \qquad (1)$$

worin die Operationszeichen $\frac{d.}{dt}$ und Δ durch die symbolischen Gleichungen

$$\frac{d.}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u\frac{\partial}{\partial x} + v\frac{\partial}{\partial y} + w\frac{\partial}{\partial z}$$

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

bestimmt sind.

In den Gleichungen (1) bedeuten X, Y, Z die Componenten der auf die Masseneinheit der Flüssigkeit wirkenden beschleunigenden äusseren Kräfte, u, v, w die Componenten der Geschwindigkeit, p den Druck, ρ die Dichte der Flüssigkeit zur Zeit t in jenem Punkte des von der Flüssigkeit erfüllten Raumes, dessen Lage durch die rechtwinkeligen Coordinaten x, y, z bestimmt ist. μ ist der Coëfficient der innern Reibung der Flüssigkeit, welche in der folgenden Untersuchung als tropfbar vorausgesetzt wird. Zu den Gleichungen (1) kommt für diesen Fall noch die Continuitätsgleichung

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = o \qquad (2)$$

hinzu. Für die Berührungsfläche zwischen Flüssigkeit und Gefässwand hat man noch die Bedingungsgleichungen

$$\begin{aligned} Mu + \mu\frac{\partial u}{\partial s} &= o \\ Mv + \mu\frac{\partial v}{\partial s} &= o \qquad (3) \\ Mw + \mu\frac{\partial w}{\partial s} &= o, \end{aligned}$$

worin M den Coëfficienten der Reibung zwischen Flüssigkeit und Gefässwand, s die Normale zur Gefässwand und zwar die aus der Flüssigkeit in die Gefässwand eintretende bedeutet.

I. Über die geradlinige Strömung einer Flüssigkeit in einer cylindrischen Röhre.

Die gerade Axe der Röhre sei die Axe der z. Die Bewegung soll sich im Zustande der Beharrung befinden, also sind die zu bestimmenden Grössen Druck und Geschwindigkeit von der Zeit unabhängig. Bewegung soll nur parallel zur Axe der Röhre stattfinden. Somit hat man

$$u = v = o$$

und wegen der Gleichung (2) auch

$$\frac{\partial w}{\partial z} = o \qquad (4)$$

p. h. die Geschwindigkeit ist nach der ganzen Länge der Röhre für jeden zu ihrer Axe parallelen Faden constant.

Da w auch unabhängig von t ist, so gehen zunächst die zwei ersten der Gleichungen (1) über in

$$X - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = o$$

$$Y - \frac{1}{\rho}\frac{p}{\partial y} = o.$$

Wirken auf die Flüssigkeit keine äusseren Kräfte in den Richtungen x und y, so gehen diese zwei Gleichungen über in

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial y} = o,$$

d. h. der Druck ist in einem und demselben Querschnitte der Röhre in allen Punkten gleich.

Der Fall, dass keine in den Richtungen x und y wirkenden Kräfte vorhanden sind, findet Statt, wenn die Röhre vertical steht. Man kann jedoch auch für eine horizontale Röhre diese Annahme machen, wenn der Durchmesser derselben nicht gross, der Druckunterschied zwischen der obersten und tiefsten Stelle derselben, der von der Schwere herrührt, vernachlässigt werden kann.

Setzt man die in der Richtung der Axe der Röhre wirkende Beschleunigung constant $= g$, so geht die dritte der Gleichungen (1) über in

$$-g\rho + \frac{\partial p}{\partial z} = \mu\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right). \qquad (5)$$

Da p von x und y, w hingegen von z unabhängig ist, so folgt aus dieser Gleichung, dass $\frac{\partial p}{\partial z}$ eine constante Grösse ist. Bedeuten daher a und b zwei Constanten, so können wir setzen

$$p = az + b, \qquad (6)$$

d. h. der Druck ändert sich längs der Axe der Röhre nach dem Gesetze der geraden Linie.

Die Constanten a und b sind durch die Druckgrössen am Anfang und am Ende der Röhre oder allgemein durch die gegebenen Drücke an zwei Stellen der Röhre bestimmt.

Setzt man weiter voraus, dass der Bewegungszustand der Flüssigkeit symmetrisch bezüglich der Axe der Röhre sei, dass also

$$\frac{d.}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u\frac{\partial}{\partial x} + v\frac{\partial}{\partial y} + w\frac{\partial}{\partial z}$$

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

bestimmt sind.

In den Gleichungen (1) bedeuten [illegible] der auf die Masseneinheit der Flüssigk[eit] den äusseren Kräfte, u, v, w die Com[ponenten der Geschwindigkeit] p den Druck, ρ die Dichte der Flüs[sigkeit] des von der Flüssigkeit erfüllten [Raumes], rechtwinkeligen Coordinaten x, [y, z], cient der innern Reibung de[r] Untersuchung als tropfbar [angenommen]. gen (1) kommt für diesen [Fall]

$$\frac{\partial}{}$$

hinzu. Für die Berühr[ung] wand hat man noch d[ie Bedingung]

[illegible]ion die Gleichung (5) über in

$$\frac{1}{r}\frac{dw}{dr} = -\frac{c}{\mu}.$$

[illegible]eichung ist

$$w = A + B\log r - \frac{cr^2}{4\mu},$$

worin M d[ie Masse] Gefässwar[me], B Integrationsconstanten sind. Für unser Problem Flüssigk[eit] [illegible]e particuläre Form, für welche

$$B = o$$

1. [illegible] für $r = o$ nicht unendlich werden darf. Der Werth der [illegible] Constante A folgt aus der Bedingungsgleichung, welche für [illegible]sigkeit an der Wand der Röhre gilt. Sie ist

$$Mw + \mu\frac{\partial w}{\partial r} = o,$$

welche für $r = R$ erfüllt sein muss, wenn R den Radius der Röhre bedeutet. Sie liefert

$$A = \frac{c}{2}\left(\frac{R}{M} + \frac{R^2}{2\mu}\right),$$

somit wird

$$w = c\left[\frac{R}{2M} + \frac{R^2 - r^2}{4\mu}\right]. \qquad (8)$$

...ung gibt das Gesetz, nach welchem die Geschwin-
der Röhre gegen die Wand hin abnimmt. Es
Parabel, deren Ordinaten die Abstände
der Axe der Röhre, deren Abscissen die
...n sind. Die Flüssigkeitstheil-
einer Zeit in einem Quer-
...inden, sind nach Verlauf
...s Umdrehungsparabo-
... der Axe der Röhre
...gestreckter wird,

...der resultirende
...l Fadens. Bezeichnet

$$\left[\frac{}{2M} + \frac{R^2}{4\mu}\right] \tag{9}$$

...ach schreiben

$$w_0 - w = \frac{cr^2}{4\mu},$$

...el das Geschwindigkeitsgesetz übersichtlicher darstellt.
...ltiplicirt man die Gleichung (8) mit $2\pi r dr$ und integrirt sie
...schen den Grenzen o und R, so gibt

$$Q = 2\pi \int_o^R w r dr$$

das Volumen der in der Zeiteinheit durch den Querschnitt der Röhre gehenden Flüssigkeit oder die Ausflussmenge. Es ist

$$Q = \frac{\pi c}{2}\left[\frac{R^2}{M} + \frac{R^4}{4\mu}\right]. \tag{10}$$

Ich will nun den speciellen Fall einer horizontalen Röhre betrachten, wenn der Einfluss der Schwere vernachlässigt werden kann. Ist der Druck am Anfange der Röhre $= P$ und am Ende der Röhre $= o$, so folgt aus der Gleichung (6)

$$P = b, \quad o = al + b,$$

wenn l die Länge der Röhre bedeutet. Es ist somit

$$-a = c = \frac{P}{l}.$$

Die Formeln (8), (9), (10) gestalten sich einfacher für die zwei extremen Fälle, in welchen entweder die Adhäsion der

die Geschwindigkeit in den verschiedenen Punkten eines Querschnittes nur abhängig sei von der Distanz dieses Punktes von der Axe der Röhre, so hat man, diese Distanz r nennend,

$$r^2 = x^2 + y^2$$

und

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 w}{\partial r^2}\left(\frac{\partial r}{\partial x}\right)^2 + \frac{\partial w}{\partial r}\frac{\partial^2 r}{\partial x^2}$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 w}{\partial r^2}\left(\frac{\partial r}{\partial y}\right)^2 + \frac{\partial w}{\partial r}\frac{\partial^2 r}{\partial y^2}.$$

Da man

$$\left(\frac{\partial r}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial r}{\partial y}\right)^2 = 1$$

$$\frac{\partial^2 r}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 r}{\partial y^2} = \frac{1}{r}$$

findet, so ist

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial w}{\partial r}.$$

Setzt man noch

$$-g\rho + a = -c,$$

so geht nach ausgeführter Substitution die Gleichung (5) über in

$$\frac{d^2 w}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{dw}{dr} = -\frac{c}{\mu}.$$

Das Integral dieser Gleichung ist

$$w = A + B\log r - \frac{cr^2}{4\mu},$$

worin A und B Integrationsconstanten sind. Für unser Problem passt nur die particuläre Form, für welche

$$B = o$$

ist, weil w für $r = o$ nicht unendlich werden darf. Der Werth der andern Constante A folgt aus der Bedingungsgleichung, welche für die Flüssigkeit an der Wand der Röhre gilt. Sie ist

$$Mw + \mu\frac{\partial w}{\partial r} = o,$$

welche für $r = R$ erfüllt sein muss, wenn R den Radius der Röhre bedeutet. Sie liefert

$$A = \frac{c}{2}\left(\frac{R}{M} + \frac{R^2}{2\mu}\right),$$

somit wird

$$w = c\left[\frac{R}{2M} + \frac{R^2 - r^2}{4\mu}\right]. \qquad (8)$$

Diese Gleichung gibt das Gesetz, nach welchem die Geschwindigkeit von der Axe der Röhre gegen die Wand hin abnimmt. Es ist das Gesetz einer Parabel, deren Ordinaten die Abstände der Flüssigkeitsfäden von der Axe der Röhre, deren Abscissen die zugehörigen Geschwindigkeiten sind. Die Flüssigkeitstheilchen, welche zu irgend einer Zeit in einem Querschnitte der Röhre sich befinden, sind nach Verlauf der Zeit t auf der Fläche eines Umdrehungsparaboloides vertheilt, dessen Axe mit der Axe der Röhre zusammenfällt, und welches um so gestreckter wird, je grösser t ist.

Setzt man in der Gleichung (8) $r = o$, so ist der resultirende Werth von w die Geschwindigkeit des axialen Fadens. Bezeichnet man diese mit w_0, so ist

$$w_0 = c\left[\frac{R}{2M} + \frac{R^2}{4\mu}\right] \tag{9}$$

und man kann statt (8) auch schreiben

$$w_0 - w = \frac{cr^2}{4\mu},$$

welche Formel das Geschwindigkeitsgesetz übersichtlicher darstellt.

Multiplicirt man die Gleichung (8) mit $2\pi r dr$ und integrirt sie zwischen den Grenzen o und R, so gibt

$$Q = 2\pi \int_o^R w r dr$$

das Volumen der in der Zeiteinheit durch den Querschnitt der Röhre gehenden Flüssigkeit oder die Ausflussmenge. Es ist

$$Q = \frac{\pi c}{2}\left[\frac{R^2}{M} + \frac{R^4}{4\mu}\right]. \tag{10}$$

Ich will nun den speciellen Fall einer horizontalen Röhre betrachten, wenn der Einfluss der Schwere vernachlässigt werden kann. Ist der Druck am Anfange der Röhre $= P$ und am Ende der Röhre $= o$, so folgt aus der Gleichung (6)

$$P = b,\ o = al + b,$$

wenn l die Länge der Röhre bedeutet. Es ist somit

$$-a = c = \frac{P}{l}.$$

Die Formeln (8), (9), (10) gestalten sich einfacher für die zwei extremen Fälle, in welchen entweder die Adhäsion der

Flüssigkeit an der Gefässwand sehr gross gegen die innere Reibung oder umgekehrt letztere sehr gross gegen erstere angenommen werden kann. Für den ersten Fall, welchen man auch als denjenigen charakterisiren kann, in welchem die Gefässwand von der Flüssigkeit benetzt wird, kann man in der Formel (8) $\frac{R}{2M}$ gegen das nächstfolgende Glied vernachlässigen und erhält

$$w = \frac{P(R^2 - r^2)}{4\mu l}. \tag{11}$$

Dann wird

$$w_0 = \frac{PR^2}{4\mu l} \tag{12}$$

und die Ausflussmenge

$$Q = \frac{\pi P R^4}{8\mu l}, \tag{13}$$

welche Formel das zuerst von Poiseuille auf experimentellem Wege gefundene Gesetz enthält, dass die Ausflussmenge der Druckhöhe und der vierten Potenz des Radius der Röhre direct, der Länge der Röhre verkehrt proportional ist.

Dividirt man Q durch πR^2, so gibt der Quotient

$$\frac{PR^2}{8\mu l} = \frac{1}{2} w_0$$

die mittlere Geschwindigkeit halb so gross, als die Geschwindigkeit des axialen Fadens.

Für den zweiten Fall, in welchem die Cohäsion der Flüssigkeit gegen die Reibung an der Gefässwand sehr gross ist, z. B. wenn es sich um das Strömen von Quecksilber in einer Glasröhre handelt, kann man in der Formel (8) das durch u dividirte Glied gegen das andere vernachlässigen und erhält dann

$$w = \frac{PR}{2Ml}, \tag{14}$$

d. h. die Geschwindigkeit ist nach dem ganzen Querschnitte constant, der Druckhöhe und dem Radius der Röhre direct, der Röhrenlänge verkehrt proportional.

Die Ausflussmenge ist für diesen Fall gegeben durch

$$Q = \frac{\pi P R^3}{2Ml}. \tag{15}$$

Es ist nicht zu übersehen, dass in dem vorhergehenden unter Druckhöhe der Druck am Anfange des in Betracht gezogenen Röhrenstückes, also die sogenannte Widerstandshöhe verstanden wird.

In der Eingangs angeführten Abhandlung habe ich gezeigt, dass jede von innerer Reibung beeinflusste Bewegung einer tropfbaren Flüssigkeit von drehenden Bewegungen der kleinsten Flüssigkeitselemente begleitet ist. Zerlegt man die Drehung des Flüssigkeitstheilchens, dessen Schwerpunkt durch die Coordinaten x, y, z bestimmt ist, in drei Umdrehungen um Axen, welche zu den Richtungen der x, y, z parallel sind, so sind die diesen Drehungen zukommenden Winkelgeschwindigkeiten ξ, η, ζ bestimmt durch die Gleichungen

$$2\xi = \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial y}$$

$$2\eta = \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial z}$$

$$2\zeta = \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}.$$

In dem so eben betrachteten Falle der permanenten Strömung einer Flüssigkeit in einer cylindrischen Röhre haben wir nur die Componenten ξ und η, und zwar ist

$$2\xi = -\frac{\partial w}{\partial y}, \quad 2\eta = \frac{\partial w}{\partial x}.$$

Setzen wir für w den Werth aus der Gleichung (11), so folgt

$$2\xi = \frac{P}{2\mu l} r \frac{\partial r}{\partial y}, \quad 2\eta = -\frac{P}{2\mu l} r \frac{\partial r}{\partial x}$$

oder

$$\xi = \frac{Py}{4\mu l}, \quad \eta = -\frac{Px}{4\mu l}.$$

Diese beiden Winkelgeschwindigkeiten setzen sich in eine γ zusammen, so dass

$$\gamma^2 = \xi^2 + \eta^2$$

ist, somit wird

$$\gamma = \frac{Pr}{4\mu l}. \tag{16}$$

Die Flüssigkeitstheilchen drehen sich um Axen, welche senkrecht zum Radius und im Querschnitte liegen, in dem Sinne, dass die der Röhrenaxe zugewendete Seite eines Theilchens mit der Strömungsrichtung gleich, die abgewendete Seite dieser Rich-

tung entgegen sich bewegt. Die Winkelgeschwindigkeit ist der Druckhöhe und der Entfernung des Flüssigkeitstheilchens von der Axe direct, der Röhrenlänge verkehrt proportional.

Die Flüssigkeitstheilchen in der Nähe der Röhrenwand besitzen die grössten Rotationsgeschwindigkeiten. Die Theilchen, welche die Wand benetzen, sind auch für den Fall, dass sie an der progressiven Bewegung keinen Antheil nehmen, in heftiger rotirender Bewegung. Wahrscheinlich ist es, wenn diese Theilchen durch die Adhäsion ihre Beweglichkeit nicht verlieren, dass sie auch an der progressiven Bewegung Antheil nehmen und die Vernachlässigung des Gliedes $\frac{R}{2M}$ in der Gleichung (8) die Erzielung nur genäherter Ausdrücke gewährt.

Um eine Vorstellung von der Geschwindigkeit dieser drehenden Bewegungen zu erhalten, nehme ich die von Poiseuille empirisch bestimmte Formel

$$Q = 1836{\cdot}724\,(1 + 0{\cdot}0336793\,t + 0{\cdot}0002209936\,t^2)\,\frac{HD^4}{L}.$$

Diese gibt die Wassermenge Q in Kubikmillimetern, welche aus einer Glasröhre vom Durchmesser D und von der Länge L in einer Secunde ausfliesst. U bedeutet die Druckhöhe, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule von 0° Temperatur, t die Temperatur des Wassers.

Nimmt man das Gewicht eines Kubikmillimeters Quecksilber gleich 13·596 Milligrammen, so gibt diese Formel nach Vergleich mit (13)

$$\frac{1}{\mu} = 5504{\cdot}181\,(1 + 0{\cdot}0336793\,t + 0{\cdot}0002209936\,t^2),$$

also

$$\mu = \frac{0{\cdot}00018168}{1 + 0{\cdot}0336793\,t + 0{\cdot}0002209936\,t^2},$$

oder auch

$$\mu = 0{\cdot}00018168\,(1 - 0{\cdot}0336793\,t + 0{\cdot}00091339588\,t^2).$$

Letztere Formel kann jedoch zur Bestimmung von μ nur verwendet werden, wenn t nicht über 30° hinausgeht, weil sie in der Nähe von $t = 37$ ein Minimum für μ liefert, während die voranstehenden Formeln zeigen, dass μ mit wachsender Temperatur fortwährend abnimmt.

Nehmen wir beispielsweise die Druckhöhe und die Röhrenlänge gleich, so wird nach der Formel (16)

$$\gamma = \frac{r}{4\mu}$$

und nach Einsetzung des Werthes von $\frac{1}{\mu}$ für $t = 0^0$

$$\gamma = 1376r.$$

Dividiren wir diese Grösse durch 2π, so erhalten wir die Anzahl der Umdrehungen in einer Secunde. Sie beträgt beiläufig 220 für ein Theilchen in der Entfernung von einem Millimeter von der Axe. Ein Theilchen, welches r Millimeter von der Axe entfernt ist, macht dann r mal so viel Umdrehungen in der Secunde.

Die analytische Theorie der Bewegung der Flüssigkeiten gibt keinen Aufschluss über die Grösse der sich drehenden Flüssigkeitstheilchen ausser den, dass man, die Flüssigkeit als ein Continuum betrachtend, dieselben so klein annehmen kann als man will. Dass dies in der Wirklichkeit nicht der Fall ist, ist klar. Von der atomistischen Anschauungsweise ausgehend, wird man für diese kleinsten Theile die Moleküle der Flüssigkeit zu setzen haben, da man sich für Molekülgruppen wegen der grossen Beweglichkeit der Flüssigkeit nicht so leicht entscheiden kann, obwohl der analytischen Auffassung von Elementen eines Körpers Molekülgruppen besser entsprechen.

II. Über die Rotation einer Flüssigkeit in einem cylindrischen Gefässe.

Ich betrachte nun den Fall, dass neben der fortschreitenden Bewegung längs der Röhre die Flüssigkeit auch noch eine drehende Bewegung um die Axe der Röhre besitze. Die Axe der Röhre sei wieder die Axe der z. Die Winkelgeschwindigkeit für einen beliebigen Punkt werde mit φ bezeichnet. Die wirkliche Geschwindigkeit, welche dieser Punkt in Folge der drehenden Bewegung hat, ist dann $r\varphi$, wenn r den Abstand des Punktes von der Axe der Röhre bedeutet. Diese Geschwindigkeit liefert parallel zu den Richtungen der x und y die Componenten

$$u = -\varphi y, \quad v = \varphi x.$$

Setzt man von der Winkelgeschwindigkeit φ voraus, dass sie für alle Punkte eines Querschnittes, welche gleich weit von der Axe

der Röhre entfernt sind, denselben Werth besitze, setzt also φ als Function von r, z und t, so wird

$$\frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{\partial \varphi}{\partial r}\frac{xy}{r}, \qquad \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial \varphi}{\partial r}\frac{y^2}{r} - \varphi$$

$$\frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial \varphi}{\partial r}\frac{x^2}{r} + \varphi, \qquad \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{\partial \varphi}{\partial r}\frac{xy}{r}$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2}\frac{x^2 y}{r^2} - \frac{\partial \varphi}{\partial r}\left(\frac{y}{r} - \frac{x^2 y}{r^3}\right)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2}\frac{y^3}{r^2} - \frac{\partial \varphi}{\partial r}\left(\frac{2y}{r} - \frac{y^3}{r^3}\right)$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2}\frac{x^3}{r^2} + \frac{\partial \varphi}{\partial r}\left(\frac{2x}{r} - \frac{x^3}{r^3}\right)$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2}\frac{xy^2}{r^2} + \frac{\partial \varphi}{\partial r}\left(\frac{x}{r} - \frac{xy^2}{r^3}\right).$$

Macht man eben so von p die Voraussetzung, dass es nur Function von r, z und t sei, so hat man

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial r}\frac{x}{r}, \quad \frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\partial p}{\partial r}\frac{y}{r},$$

führt man diese Werthe in die Gleichungen (1) ein, so erhält man, wenn die Componenten X, Y Null gesetzt werden, statt der zwei ersten der Gleichungen (1) die folgenden

$$x\left(\varphi^2 - \frac{1}{\rho r}\frac{\partial p}{\partial r}\right) = -y\left[\frac{\partial \varphi}{\partial t} + w\frac{\partial \varphi}{\partial z} - \frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{3}{r}\frac{\partial \varphi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}\right)\right]$$

$$y\left(\varphi^2 - \frac{1}{\rho r}\frac{\partial p}{\partial r}\right) = x\left[\frac{\partial \varphi}{\partial t} + w\frac{\partial \varphi}{\partial z} - \frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{3}{r}\frac{\partial \varphi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}\right)\right].$$

Wenn w ebenfalls für alle Punkte eines Querschnittes, die einem aus seinem Mittelpunkte beschriebenen Kreise angehören, denselben Werth hat, so liefern diese zwei Gleichungen die beiden folgenden:

$$\varphi^2 = \frac{1}{\rho r}\frac{\partial p}{\partial r} \tag{17}$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + w\frac{\partial \varphi}{\partial z} - \frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{3}{r}\frac{\partial \varphi}{\partial v} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}\right) = o. \tag{18}$$

Die erste dieser zwei Gleichungen gibt an, wie der Druck von der Axe der Röhre gegen die Wand hin in Folge der Fliehkraft, welche die einzelnen Theilchen wegen der drehenden Bewegung besitzen, wächst.

Die dritte der Gleichungen (1) verwandelt sich in

$$Z - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\partial w}{\partial t} + w\frac{\partial w}{\partial z} - \frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right). \quad (19)$$

Die Gleichung (2) reducirt sich auf

$$\frac{\partial w}{\partial z} = o,$$

welche Gleichung den bemerkenswerthen Satz liefert: Rotirt eine Flüssigkeit in einem cylindrischen Gefässe um dessen Axe, so ist eine gleichzeitige fortschreitende Bewegung nur mit einer für jeden zur Axe parallelen Faden nach der ganzen Länge constanten Geschwindigkeit möglich.

Die Gleichung (19) vereinfacht sich demnach zu

$$Z - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\partial w}{\partial t} - \frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial w}{\partial r}\right). \quad (20)$$

Da w kein z enthält, so ist für den Fall, dass auch Z von z frei, z. B. der Beschleunigung der Schwere gleich oder Null ist, $\frac{\partial p}{\partial z}$ von z unabhängig, d. h. für jeden Flüssigkeitsfaden ändert sich längs der Axe der Druck nach dem Gesetze einer geraden Linie.

Wegen des durch die Gleichung (17) dargestellten Zusammenhanges zwischen φ und p ist daher auch φ^2 bezüglich z linear und wir können

$$\varphi^2 = Pz + Q \quad (21)$$

setzen, worin P und Q nur Functionen von r und t sein können. Multiplicirt man nun die Gleichung (18) mit φ und differenzirt das erhaltene Product nach z, so fällt w aus der Gleichung (18) heraus, da sowohl $\frac{\partial w}{\partial z}$, als auch

$$\frac{\partial}{\partial z}\left(\varphi\frac{\partial \varphi}{\partial z}\right) = \frac{1}{2}\frac{\partial^2(\varphi^2)}{\partial z^2} = o$$

ist. Zur Bestimmung von φ bleibt somit die Gleichung

$$\frac{\partial}{\partial z}\left[\varphi\frac{\partial \varphi}{\partial t} - \frac{\mu\varphi}{\rho}\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{3}{r}\frac{\partial \varphi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}\right)\right] = o,$$

wofür man auch schreiben kann

$$\frac{\rho}{\mu}\frac{\partial}{\partial t}\frac{\partial(\varphi^2)}{\partial z} - \frac{\partial^2}{\partial r^2}\frac{\partial(\varphi^2)}{\partial z} - \frac{3}{r}\frac{\partial}{\partial r}\frac{\partial(\varphi^2)}{\partial z} + 2\frac{\partial}{\partial z}\left[\left(\frac{\partial \varphi}{\partial r}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial z}\right)^2\right] = o.$$

führt man den Werth von φ^2 aus (21) in diese Gleichung ein, so verwandelt sie sich zunächst in

$$\frac{\rho}{\mu}\frac{\partial P}{\partial t}-\frac{\partial^2 P}{\partial r^2}-\frac{3}{r}\frac{\partial P}{\partial r}+\frac{2\partial}{\partial z}\left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial\rho}\right)^2+\left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2\right]=o.$$

Die Gleichung (21) gibt ferner

$$\left(\frac{\partial\varphi}{\partial r}\right)^2=\frac{1}{4\varphi^2}\left(\frac{\partial P}{\partial r}z+\frac{\partial Q}{\partial r}\right)^2,\ \left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2=\frac{1}{4\varphi^2}P^2$$

somit

$$\frac{\partial}{\partial z}\left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial r}\right)^2+\left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2\right]=\frac{1}{2\varphi^2}\left(\frac{\partial P}{\partial r}z+\frac{\partial Q}{\partial r}\right)\frac{\partial P}{\partial r}-\frac{1}{4\varphi^4}\left[\left(\frac{\partial P}{\partial r}z+\frac{\partial Q}{\partial r}\right)^2+P^2\right]P.$$

Nach Substitution dieses Werthes in die obige Gleichung verwandelt sie sich in

$$\left(\frac{\rho}{\mu}\frac{\partial P}{\partial t}-\frac{\partial^2 P}{\partial r^2}-\frac{3}{r}\frac{\partial P}{\partial r}\right)(Pz+Q)^2$$
$$+\frac{\partial P}{\partial r}\left(\frac{\partial P}{\partial r}z+\frac{\partial Q}{\partial r}\right)(Pz+Q)-\frac{1}{2}P\left[\left(\frac{\partial P}{\partial r}z+\frac{\partial Q}{\partial r}\right)^2+P^2\right]=o.$$

Ordnet man diese Gleichung nach z, so lässt sie sich schliesslich auf die Form

$$2PL(Pz+Q)^2-\left(P\frac{\partial Q}{\partial r}-Q\frac{\partial P}{\partial r}\right)^2-P^4=o \qquad (22)$$

bringen, worin der Kürze wegen

$$L=\frac{\rho}{\mu}\frac{\partial P}{\partial t}-\frac{\partial^2 P}{\partial r^2}-\frac{3}{r}\frac{\partial P}{\partial r}+\frac{1}{2P}\left(\frac{\partial P}{\partial r}\right)^2$$

gesetzt wurde, da die Gleichung (22) für jedes z bestehen muss, so zerfällt sie in die drei folgenden

$$LP^2=o$$
$$LP^2Q=o$$
$$2LPQ^2-\left(P\frac{\partial Q}{\partial r}-Q\frac{\partial P}{\partial r}\right)^2-P^4=o$$

denen allen nur durch die Annahme

$$P=o$$

Genüge geleistet werden kann, φ^2 ist somit von z unabhängig, woraus der Satz folgt: Rotirt eine Flüssigkeit in einem cylindrischen Gefässe um dessen Axe, so ist die Winkelgeschwindigkeit für eine und dieselbe Flüssigkeitsschale längs der ganzen Axe constant.

Wegen der Gleichung (17) ist dann auch $\frac{\partial p}{\partial r}$ von z unabhängig. Da p bezüglich z linear ist, also

$$p = az + b$$

gesetzt werden kann, so folgt daraus, dass in dieser Formel a eine auch von r unabhängige Grösse ist, d. h. die Änderung des Druckes von einem Querschnitt zum andern ist für alle Punkte des Querschnittes dieselbe.

Zur Bestimmung von φ als Function von r und t bleibt nun noch die Gleichung

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{3}{r}\frac{\partial \varphi}{\partial r}\right)$$

übrig. Particuläre Integrale dieser Gleichung lassen sich in der Form

$$e^{-\alpha t} R$$

darstellen, worin α eine arbiträre Constante und R eine Function von r allein bedeutet, welche durch die sogenannte Bessel'sche Transcendente ausgedrückt werden kann. Die Darstellung derselben in Reihenform gelingt nach der bekannten Methode der Integration linearer Differentialgleichungen. Doch liefert weder diese noch die Darstellung derselben durch bestimmte Integrale ein einfach auszusprechendes Resultat. Ich übergehe daher die weiter möglichen Rechnungen.

Für den Fall, dass man die Bewegung als im Zustande der Beharrung befindlich voraussetzt, bleibt zur Bestimmung von φ die Gleichung

$$\frac{d^2 \varphi}{dr^2} + \frac{3}{r}\frac{d\varphi}{dr} = 0,$$

welche sich auch auf die compendiösere Form

$$\frac{d}{dr}\left(r^3 \frac{d\varphi}{dr}\right) = 0$$

bringen lässt. Aus dieser Form ersieht man unmittelbar, dass

$$\varphi = C + \frac{C'}{r^2}$$

das allgemeine Integral dieser Gleichung ist, wenn C und C' zwei Constanten bedeuten. Für unser Problem ist nur die particuläre Lösung

$$\varphi = C$$

brauchbar, da $r\varphi$ für $r = o$ nicht unendlich werden darf. Wenn daher die Flüssigkeit die Gefässwand benetzt, an derselben also in Ruhe sich befindet, so hat man $\varphi = o$, die Rotation ist in diesem Falle mit dem Beharrungszustande unverträglich.

Ich kehre nun zur Formel (20) zurück und nehme nur die Fälle in Betracht, dass Z entweder constant oder Null ist. Da wir unter dieser Bedingung p nach z linear und $\frac{\partial p}{\partial z}$ auch unabhängig von r haben, so bleibt die Gleichung zur Bestimmung von w dieselbe, mag neben der fortschreitenden Bewegung eine drehende vorhanden sein oder nicht. Auch die Bedingungsgleichung, welcher w an der Wand des Gefässes unterworfen ist, nämlich die letzte der Gleichungen (3) wird durch das Dasein einer drehenden Bewegung nicht geändert. Daraus folgt das interessante Resultat: **Strömt eine Flüssigkeit in einer cylindrischen Röhre, so hat eine gleichzeitige Drehung der Flüssigkeit um die Axe der Röhre keinen Einfluss auf die Ausflussgeschwindigkeit.**

III. Über die Reibung zwischen Glas und Quecksilber.

Die Grösse der Reibung zwischen Glas und Quecksilber ist schon von Girard bestimmt worden. Er liess Quecksilber aus einem Gefässe durch capillare Glasröhren strömen und bestimmte aus der Zeit, welche zum Ausflusse eines bestimmten Quantums nöthig war, den Widerstand, welchen das fliessende Quecksilber in der Röhre fand. Der Ausfluss fand bei variablem Drucke Statt. Die von ihm benützte Formel ist unter der Voraussetzung abgeleitet, dass die Reibung der Berührungsfläche zwischen Glas und Flüssigkeit und der Geschwindigkeit der letzteren proportional sei. Von der Geschwindigkeit ist angenommen, dass sie in jedem Punkte eines Querschnittes und in jedem Querschnitte zur selben Zeit dieselbe sei. Die Druckhöhe wurde der Widerstandshöhe gleich gesetzt, auch die Reibung im Ausflussgefässe vernachlässigt. Die auf diese Weise gefundenen Werthe der Reibungscoëfficienten erfreuen sich keiner grossen Übereinstimmung.

Es schien mir zweckmässig, eine neue Methode, den Coëfficienten der Reibung zwischen Glas und Quecksilber zu bestimmen, zu prüfen. Diese neue Methode besteht in der Beobachtung und

Berechnung der Schwingungen, welche eine Quecksilbermenge in einer heberförmigen Röhre macht, wenn man in den beiden verticalen Schenkeln derselben eine Niveaudifferenz hervorruft und dann die Flüssigkeit sich selber überlässt.

Ist die Länge des mit Flüssigkeit erfüllten Theiles der Röhre l, r der überall gleiche Radius der Röhre, s das specifische Gewicht des Quecksilbers, so ist sein absolutes Gewicht $\pi r^2 s l$. Ist zur Zeit t x die Erhebung des Quecksilbers über das Gleichgewichtsniveau in dem einen Schenkel, eben so tief steht es im andern Schenkel unter dem Niveau, so ist die das Quecksilber afficirende beschleunigende Kraft in dem gewählten Zeitmomente auszudrücken durch

$$\frac{\pi r^2 s l}{g}\frac{d^2x}{dt^2},$$

wenn g die Beschleunigung der Schwere bedeutet.

Diese beschleunigende Kraft setzt sich aus mehreren Theilen zusammen. Zuerst liefert das doppelte Gewicht der über das Gleichgewichtsniveau erhobenen Flüssigkeit eine Kraft, welche die Flüssigkeit in ihre Ruhelage zurücktreibt. Die Grösse dieser Kraft ist $2\pi r^2 s x$.

Dann liefert die Reibung zwischen der Flüssigkeit und der Röhrenwand eine der Richtung der Bewegung entgegengesetzt wirkende Kraft. Setzt man sie der Grösse der Berührungsfläche zwischen Wand und Flüssigkeit und der Geschwindigkeit der letzteren proportional, so kann sie durch $2\pi r l w \frac{dx}{dt}$ ausgedrückt werden, wenn w die Grösse der Reibung bei der Einheit der Berührungsfläche und bei der Einheit der Geschwindigkeit bedeutet.

Dazu käme noch der Widerstand von der innern Reibung herrührend, wenn die Geschwindigkeit für alle Punkte eines Querschnittes nicht dieselbe ist. Bei der grossen Cohäsion des Quecksilbers kann man aber wenigstens für engere Röhren die Geschwindigkeit für alle Punkte eines Querschnittes gleich setzen. Eben so vernachlässige ich den Einfluss der Verdünnungen und Verdichtungen, welche die über dem Quecksilber befindliche Luft beim Auf- und Niedergange desselben erfährt. Er ist jedenfalls unbedeutend, wenn die Geschwindigkeit der Bewegung nicht sehr gross ist. Ist die Röhre gebogen, so geht noch Geschwindigkeit verloren durch

den Stoss der Flüssigkeit gegen die Röhrenwand an den Biegungsstellen. Auch dieser Verlust mag unberücksichtigt bleiben. Er kann auch vermieden werden, wenn man statt einer gebogenen zwei gerade Röhren nimmt, welche in ein abgeschlossenes, ganz mit Quecksilber erfülltes Gefäss tauchen. Der Luftdruck und die Capillaritätsspannung wirken in beiden Schenkeln gleich und liefern keinen Beitrag zur beschleunigenden Kraft.

Die Gleichung der Bewegung ist demnach

$$\frac{\pi r^2 s l}{g}\frac{d^2x}{dt^2} = -2\pi r^2 s x - 2\pi r l w \frac{dx}{dt}$$

und für den Fall einer schwingenden Bewegung ist ihr Integral

$$x = e^{-\frac{at}{2}}\left[A\cos\left(\frac{t}{2}\sqrt{4b-a^2}\right) + B\sin\left(\frac{t}{2}\sqrt{4b-a^2}\right)\right],$$

worin A und B die Constanten der Integration bedeuuten und

$$a = \frac{2gw}{rs},\quad b = \frac{2g}{l}$$

gesetzt sind.

Die schwingende Bewegung ist möglich, wenn $4b$ grösser als a^2 ist. Die Schwingungsdauer ist

$$\tau = \frac{4\pi}{\sqrt{4b-a^2}} \qquad (\alpha)$$

für alle auf einander folgenden Schwingungen dieselbe. Die Amplituden nehmen von Schwingung zu Schwingung in geometrischer Progression ab. Finden die höchsten Erhebungen über das Niveau zu den Zeiten $0, \tau, 2\tau, 3\tau \ldots$ statt und werden sie mit $x_0, x_1, x_2, x_3 \ldots$ bezeichnet, so hat man

$$\frac{x_0}{x_1} = \frac{x_1}{x_2} = \frac{x_2}{x^3} = \ldots = e^{\frac{a\tau}{2}}. \qquad (\beta)$$

Kennt man die Dauer einer Schwingung, so kann man w aus der Gleichung (α) berechnen nach der Formel

$$w^2 = \frac{2r^2s^2}{gl}\left(1 - \frac{2\pi^2 l}{g\tau^2}\right). \qquad (\gamma)$$

Kennt man ausser der Schwingungsdauer auch noch das Verhältniss zweier auf einander folgender Amplituden und nennt dieses Verhältniss k, so hat man nach der Gleichung (β)

$$w = \frac{rs}{g\tau}\frac{\log k}{\log e}. \qquad (\delta)$$

Die Formel (γ) ist zur Berechnung von w weniger brauchbar. Weil w eine kleine Zahl ist, so ist τ von dem Werthe

$$\pi\sqrt{\frac{2l}{g}} = 0{\cdot}59623 \text{ Secunden}$$

sehr wenig verschieden. Diesen Werth hätte nämlich die Schwingungsdauer, wenn keine Reibung stattfände, also $w = o$ wäre. Dadurch wird der Ausdruck in den Klammern der Gleichung von o wenig verschieden und nehmen die Beobachtungsfehler auf denselben einen bedeutenden Einfluss. Aus den mitzutheilenden Versuchen ist w nach der Formel (δ) berechnet.

Die Versuche wurden von Herrn Prof. Ludwig bei Gelegenheit einer Reihe von Untersuchungen über die Leistungsfähigkeit seines Kymographions ausgeführt. Das Manometer bestand aus zwei verticalen Glasröhren, welche in ein geschlossenes, ganz mit Quecksilber ausgefülltes Gefäss tauchten. Die Länge der Quecksilbersäule in beiden Röhren zusammengenommen betrug 176·6 Millim. Der Radius der Röhren war 4·82 Millim. Die schwingende Quecksilbersäule trägt einen leichten Schwimmer, der mit einer Borste auf einem berussten auf die sich drehende Trommel des Apparates geklebtem Papier die Schwingungen zeichnet. Er zeichnet sie in Curven, die Zeit ist Abscisse, die zugehörige Excursion ist Ordinate. Jeder Schwingungsversuch liefert eine solche Curve.

I. Curve.

Die auf einander folgenden Erhebungsmaxima über das Gleichgewichtsniveau betragen

19, 13·4, 10·1, 7·5, 5·5, 3·9 Millimeter,

die Schwingungsdauern:

12·6, 11·8, 10·5, 11·5, 12·4, 11·2 Millimeter.

Ein Millimeter hat den Zeitwerth von 0·0542 Secunden. Somit beträgt die mittlere Schwingungsdauer 0·63 Secunden.

II. Curve.

Amplituden: 19, 13·9, 10·5, 7·7, 5·3, 3·6 Millimeter.

Mittlere Schwingungsdauer 0·62 Secunden.

III. Curve.

Amplituden: 25·5, 18·5, 13·8, 10·6, 7·8, 5·9, 4·2, 3·0 Millimeter.

Schwingungsdauern: 11·2, 11·3, 11·8, 12·9, 11·2, 11·2, 11·6, 11·8 M.

Ein Millimeter hat bei diesem Versuche den Zeitwerth von 0·0519 Secunden, also beträgt die mittlere Schwingungsdauer 0·60 Secunden.

IV. Curve.

Amplituden: 22·6, 16·1, 11·8, 8·7, 6·0, 4·2 Millimeter.

Mittlere Schwingungsdauer: 0·60 Secunden.

V. Curve.

Amplituden: 33·3, 23 0, 16·2, 12·5, 9·0, 6·4 Millimeter.

Mittlere Schwingungsdauer 0·61 Secunden.

Diese Versuche sind nur als Vorversuche zu betrachten, sie sind auch nicht mit aller möglichen Präcision, die sich mit einem exacteren Apparate erzielen liesse, ausgeführt. Desshalb und weil auch auf die durch den Schwimmer herbeigeführten Bewegungswiderstände nicht Rücksicht genommen ist, theile ich nur die Werthe von w mit, welche sich aus den Mittelwerthen der bei den einzelnen Versuchen gewonnenen Daten ergeben. Es liefert

die erste Curve $w = 0{\cdot}00335$
„ zweite „ $w = 0{\cdot}00357$
„ dritte „ $w = 0{\cdot}00339$
„ vierte „ $w = 0{\cdot}00377$
„ fünfte „ $w = 0{\cdot}00363$.

Aus diesen fünf Werthen von w folgt das Mittel

$$w = 0{\cdot}0035.$$

Da Millimeter und Milligramm als Einheiten für Länge und Gewicht genommen wurden, so bedeutet w einen Zug von 0·0035 Milligrammen, welcher die Reibung zwischen Glas und Quecksilber bei einem Quadratmillimeter Berührungsfläche und einem Millimeter Geschwindigkeit misst. Diese Grösse der Reibung gilt für eine Temperatur von nahe 18° C.

Soll die in einem Manometer befindliche Quecksilbersäule, wenn sie aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht wird, in diese, ohne Schwingungen zu machen, zurückkehren, so muss

$$\frac{4g^2w^2}{r^2s^2} > \text{oder höchstens} = \frac{8g}{l}$$

sein. Dies wird der Fall, wenn

$$l > 1539r^2$$

wird, worin l die Länge der Quecksilbersäule, r den Radius des Manometers bedeutet, beide in Millimetern ausgedrückt. Sind aber

bei der Bewegung noch andere Widerstände zu überwinden, so genügt natürlich ein kleineres l oder auch jedes.

Auch die Gleichung

$$w = rs\sqrt{\frac{2}{gl}}$$

kann zur Bestimmung von w benützt werden, wenn l die kleinste Länge der Quecksilbersäule bedeutet, bei welcher keine Schwingungen mehr erfolgen.

IV. Über die mechanische Bedeutung der Reibungsconstanten.

Die hydrodynamischen Differentialgleichungen müssen nothwendig homogen sein. Man kann daher bei der Untersuchung über die Bedeutung der Constanten der innern Reibung davon ausgehen und die Frage so stellen: Welche Bedeutung muss μ haben, damit die hydrodynamischen Gleichungen auch nach Einführung der von der Reibung herrührenden Bewegungswiderstände homogen bleiben. Es genügt, eine der Gleichungen (1) zu untersuchen, etwa die erste

$$\rho X - \frac{\partial p}{\partial x} = \rho \frac{d.u}{dt} - \mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right). \qquad (a)$$

In dieser Gleichung sind x, y, z, t, u, X, p, ρ, μ Zahlen, welche das Verhältniss der Grössen: Coordinate, Zeit, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Druck, Dichte, Reibungscoëfficient zu den Einheiten, nach denen diese Grössen gemessen werden, ausdrücken. Zur Homogeneität der Gleichung (a) ist erforderlich, dass sie von der Grösse dieser Einheiten unabhängig ist.

Als Grundmasse will ich die Masse für Länge, Zeit und Gewicht betrachten.

Wählt man zuerst die Längeneinheit Lmal grösser, so sollen die Masszahlen

$$x, y, z, u, X, p, \rho, \mu$$

übergehen in

$$x', y', z', u', X', p', \rho', \mu'$$

und dem gemäss die Gleichung (a) sich verwandeln in

$$\rho' X' - \frac{\partial p'}{\partial x'} = \rho' \frac{d.u'}{dt} - \mu'\left(\frac{\partial^2 u'}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 u'}{\partial y'^2} \frac{\partial^2 u'}{\partial z'^2}\right). \qquad (b)$$

Da x, y, z, u, X Längen repräsentiren, so hat man

$$x' = \frac{x}{L},\ y' = \frac{y}{L},\ z' = \frac{z}{L},\ u' = \frac{u}{L},\ X' = \frac{X}{L},$$

p bedeutet den Druck auf die Flächeneinheit, diese wird, wenn die Längeneinheit L mal grösser wird, L^2 mal grösser, somit ist

$$p' = L^2 p.$$

ρ bedeutet die Masse in der Volumseinheit. Bezeichnen wir das Gewicht der Volumseinheit mit s, die Beschleunigung der Schwere mit g für das alte und mit s' und g' für das neue Mass, so ist

$$\rho = \frac{s}{g}, \quad \rho' = \frac{s'}{g'}.$$

Wird die Längeneinheit L mal grösser, so wird das Gewicht der Volumseinheit durch eine L^3 mal grössere, die Beschleunigung durch eine L mal kleinere Zahl ausgedrückt, somit haben wir

$$s' = L^3 s, \quad g' = \frac{g}{L}, \quad \rho' = L^4 \rho.$$

Bezüglich der Längeneinheit sind daher x, y, z, u, X, von der Dimension 1, der Druck von der Dimension -2, die Dichte von der Dimension -4. Die Dimension von μ setze ich $-\varphi$, so dass

$$\mu' = L^\varphi \mu$$

wird. Substituirt man diese Werthe von x, y, z, u, X, p, ρ, μ in die Gleichung (b), so verwandelt sie sich in

$$L^3 \rho X - L^3 \frac{\partial p}{\partial x} = L^3 \frac{d.u}{dt} - L^\varphi \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right).$$

Es muss also, damit L aus der Gleichung herausfällt,

$$\varphi = 2$$

sein, d. h. μ ist bezüglich der Längeneinheit von der Dimension -2.

Nimmt man die Zeiteinheit τ mal grösser, so sollen die Zahlen

$$t, u, X, \rho, \mu$$

übergehen in

$$t'', u'', X'', \rho'', \mu''.$$

Die Zahlen für die Längen und den Druck ändern sich dadurch nicht. Zunächst ist

$$t'' = \frac{t}{T}.$$

u bedeutet die Geschwindigkeit, d. h. den Weg in der Zeiteinheit, wird diese T mal grösser, so auch die Zahl für die Geschwindigkeit, also ist

$$u'' = Tu.$$

X bedeutet eine Beschleunigung, also die Zunahme der Geschwindigkeit in der Zeiteinheit. Wird diese Tmal grösser, so wird dadurch nicht blos die Zunahme, sondern auch die Geschwindigkeit selbst durch eine Tmal grössere Zahl ausgedrückt, somit ist

$$X'' = T^2X.$$

Da die Dichte das durch die Beschleunigung der Schwere dividirte Gewicht der Volumseinheit ist, so wird

$$\rho'' = \frac{\rho}{T^2}.$$

Bezüglich der Zeiteinheit sind daher t, u, X, ρ beziehungsweise von den Dimensionen 1, — 1, — 2, 2. μ sei bezüglich der Zeiteinheit von der Dimension $-\psi$, so dass

$$\mu'' = T^{\psi}\mu$$

wird. Führt man diese Werthe von t, u, X, ρ, μ in die Gleichung (a) so findet man, dass T aus ihr wegfällt, wenn

$$\psi = -1$$

genommen wird, d. h. μ ist bezüglich der Zeiteinheit von der ersten Dimension.

Ändert man schliesslich noch die Gewichtseinheit und nimmt sie Pmal grösser, so ändern sich nur die Zahlen

$$p, \rho, \mu,$$

sie mögen übergehen in

$$p''', \rho''', \mu'''.$$

Man hat dann

$$p''' = \frac{p}{P}, \quad \rho''' = \frac{\rho}{P}$$

und man findet leicht, dass auch

$$\mu''' = \frac{\mu}{P}$$

sein muss, d. h. μ ist bezüglich der Gewichtseinheit von der ersten Dimension.

Ändert man alle drei Masseinheiten zugleich und gehen dadurch die Zahlen

$$x, t, u, X, p, \rho, \mu$$

über in

$$x_1, t_1, u_1, X_1, p_1, \rho_1, \mu_1,$$

so sind diese bestimmt durch die Gleichungen

$$x_1 = \frac{x}{L}, \quad t_1 = \frac{t}{T}, \quad u_1 = \frac{T}{L}u, \quad X_1 = \frac{T^2}{L}X,$$

$$p_1 = \frac{L^2}{P}p, \quad \rho_1 = \frac{L^4}{PT^2}\rho, \quad \mu_1 = \frac{L^2}{PT}\mu. \qquad (c)$$

Die Factoren bei x, t, u, X, p, ρ, μ sind die Verwandlungsschlüssel für die durch diese Zahlen bezeichneten Grössen, die beim Übergange von einem Massysteme zu einem andern anzuwenden sind.

Um den Verwandlungsfactor für die Constante der äussern Reibung, welche in den Gleichungen (3) mit M, bei der Untersuchung der Reibung zwischen Glas und Quecksilber mit w bezeichnet wurde, zu bestimmen, nehme ich die erste der Gleichungen (3), nämlich

$$Mu + \mu\frac{\partial u}{\partial s} = o. \qquad (d)$$

Werden die Masseinheiten für Länge, Zeit und Gewicht geändert, so sollen die Zahlen

$$s, u, \mu, M$$

übergehen in

$$s_1, u_1, \mu_1, M_1,$$

also die Gleichung (d) in

$$M_1u_1 + \mu_1\frac{\partial u_1}{\partial s_1} = o.$$

Setzt man in dieser Gleichung für s_1, u_1, μ_1 ihre durch die Formeln (c) bestimmten Werthe, so findet man

$$M_1 = \frac{L^2}{PT}M.$$

Es ist also die Constante der äussern Reibung bezüglich der Längeneinheit von der Dimension — 3 und von der ersten Dimension bezüglich der Zeit- und Gewichtseinheit.

Was endlich noch die mit dem Namen Reibung belegte Grösse betrifft, so lässt sich ihre Bedeutung auf dieselbe Weise aus einer der Gleichungen (12) in meiner ersten Abhandlung gewinnen. Es genügt nämlich, da die Componenten der Reibung mit dieser selbst homogen sind, den Ausdruck für eine der Componente zu untersuchen, z. B. die Gleichung

$$X_z = \mu\left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}\right). \qquad (e)$$

Gehen die Zahlen

$$x,\ z,\ u,\ w,\ \mu,\ X_z$$

nach Änderung der Einheiten für Länge, Zeit und Gewicht über in

$$x',\ z',\ u',\ w',\ \mu',\ X'_z,$$

also die Gleichung (e) in

$$X'_z = \mu'\left(\frac{\partial w'}{\partial x'} + \frac{\partial u'}{\partial z'}\right),$$

so findet man, wenn man in dieser Gleichung die neuen Zahlen x', z', u', w', μ' nach den Formeln (c) durch die alten ausdrückt:

$$X'_z = \frac{L^2}{P} X_z,$$

also die Reibung bezüglich der Längeneinheit von der Dimension — 2, bezüglich der Zeiteinheit von der Dimension 0, bezüglich der Gewichtseinheit von der Dimension 1. Es ist daher die innere Reibung einer Druck-Grösse äquivalent.

Wir können jetzt noch den Reibungscoëfficienten durch den Begriff der Reibung bestimmen. Denken wir uns eine unendliche Flüssigkeitsmasse, in der nur nach einer Richtung, etwa der Richtung der x Bewegung stattfindet. Nehmen wir diese Richtung als die horizontale, und setzen voraus, dass alle Punkte der Flüssigkeit, welche in einer Horizontalebene liegen, gleiche Geschwindigkeit haben, diese aber beim Übergange aus einer horizontalen Schichte in eine andere nach dem Gesetz der geraden Linie sich ändere, so dass die Geschwindigkeit u für jede um z von einer fixen Ebene abstehende Schichte gegeben sei, durch die Gleichung

$$u = a + bz. \qquad (f)$$

Dann bleibt nur die einzige Reibungscomponente X_z übrig und zwar wird

$$X_z = \mu\frac{\partial u}{\partial z} = \mu b.$$

Nehmen wir weiter an, dass die Geschwindigkeit jeder Schichte um so viel grösser sei, als die einer tieferen, um wie viel sie von dieser entfernt ist, so ist in der Gleichung (f)

$$b = 1$$

zu setzen und es wird dann

$$X_z = \mu.$$

Ist also der Geschwindigkeitsunterschied zwischen zwei auf einander folgenden Schichten so gross, als ihr Abstand von einander, so wird die zwischen diesen zwei Schichten stattfindende Reibung durch den Reibungscoëfficienten gemessen. Wir haben früher für Wasser von der Temperatur von 0°

$$\mu = 0{\cdot}00018168$$

gefunden. Diese Zahl hat daher folgende Bedeutung: Bewegt sich eine Wassermasse in einer horizontalen Richtung so, dass alle Punkte einer Horizontalschicht gleiche Geschwindigkeit haben, von einer Horizontalschicht zur andern aber die Geschwindigkeit um den Abstand dieser beiden Schichten sich ändert, so hat die Reibung zwischen den auf einander folgenden Schichten den Effect, als ob auf jedem Quadratmillimeter ein Zug von 0·00018168 Milligrammen wirksam wäre und zwar in der Richtung der Bewegung an der langsameren, in der entgegengesetzten Richtung an der schneller bewegten Schichte.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XLVI. BAND.

ZWEITE ABTHEILUNG.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

XXVIII. SITZUNG VOM 4. DECEMBER 1862.

Herr Regierungsrath A. Ritter v. Ettingshausen macht auf einen neuen, von Stud. phil. Herrn Otto von Littrow construirten Spectralapparat aufmerksam, den dieser hierauf vorlegt und erläutert.

Herr Aug. Murmann, Assistent der k. k. Sternwarte, überreicht die Fortsetzung seiner Abhandlung „über die Bahn der Europa".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia Real das Sciencias de Lisboa. Memorias: Classe de Sciencias mathematicas, physicas e naturaes, Nova Serie, Tomo II, Parte 1 & 2. Lisboa, 1857 & 1861; 4°. — *Portugaliae monumenta historica. Vol. I. (Leges et consuetudines.) Fasc. 2. 1858; Vol. I. (Scriptores.) Fasc. 2 & 3. 1860 & 1861.* Folio. — Annaes das Sciencias e Lettras: Sciencias mathematicas, physicas e naturaes, Tomo I. Outubro de 1857 — Fevereiro de 1858; Tomo II. Março — Julho de 1858. — Annaes: Sciencias moraes, politicas e Bellas Lettras. Tomo I. Agosto de 1857 — Fevereiro de 1858; Tomo II. Março — Novembro de 1858; 8°. — Corpo diplomatico Portuguez. Por Luiz Augusto Rebello da Silva Tomo I. Lisboa, 1862; 4°.

Académie Imp. des sciences de St. Pétersbourg. Mémoires: VIIe Série, Tome III, No. 12 et dernier, Tome IV, No. 1—9; 4°. — Mémoires (Collection in 8°.): Tome I. 2, St. Pétersbourg, 1862. (Russisch.) — Bulletin: Tome IV, No. 3—6; 4°.

American Journal of Science and Arts. Vol. XXXIV. No. 100 & 101. New Haven, 1862; 8°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1393 & 1394. Altona, 1862; 4°.

Austria. XIV. Jahrgang, XLVII. & XLVIII. Heft. Wien, 1862; 8°.

Bauzeitung, Allgemeine. XXVII. Jahrgang, IX. & X. Heft. Nebst Atlas. Wien, 1862; 4° & Folio.

Bericht über die vierte Jahresversammlung des Centralvereines Deutscher Zahnärzte, abgehalten zu Wien am 4., 5. & 6. August 1862. Wien, 1862; 8°.

Bibliothèque Universelle de Genève: Archives des sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XIIe, No. 46. Genève, Lausanne & Paris, 1861; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, Tome LV, No. 19. Paris, 1862; 4°.

Cosmos, XIe Année, 21e Volume, 21e & 22e Livraison. Paris, 1862; 8°.

Gesellschaft, der Wissenschaften, Königl. Sächsische zu Leipzig. Abhandlungen. Philolog.-histor. Classe. IV. Band, Nr. 2 & 3. Leipzig, 1861 & 1862; 4°. — Berichte über die Verhandlungen. 1861. II., III. & IV. Heft. Leipzig, 1862; 8°.

— der Wissenschaften, Königl., zu Göttingen. Abhandlungen. X. Band. Von den Jahren 1861 & 1862. Göttingen, 1862; 4°.

Grunert, Joh. Aug., Archiv der Mathematik und Physik. 39. Theil, 1. Heft. Greifswald, 1862; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung. XII. Jahrgang, Nr. 33 & 34. Wien, 1862; kl. 4°.

Marburg, Universität. Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1861—1862. 8°, 4° & Folio.

Observatoire physique central de Russie. Annales, pour l'année 1859. St. Pétersbourg, 1862; kl. Folio. — Correspondance météorologique. Année 1860. St. Pétersbourg, 1862; kl. Folio.

Societas, Regia, scientiarum Upsalensis, Nova acta. Seriei 3^tiae Vol. IV. Fasc. 1, 1862. Upsaliae; 4°.

Society, The Royal —. Proceedings, Vol. XII. No. 50. London, 1862; 8°.

— The Royal Geographical —, of London. Proceedings. Vol. VI., No. 5. London, 1862; 8°.

— The Linnean —. Transactions. Vol. XXIII, Part 2^d. London, 1861; 4°. — Journal: Botany, Vol. VI, No. 21—23; Zoology: Vol. VI, No. 21—23; List 1861. London, 1861; 8°.

Verein, Naturw., für Sachsen und Thüringen in Halle: Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. Herausgegeben von C. Giebel und W. Heintz. Jahrgang 1861 & 1862. (XVIII. & XIX. Band.) Berlin, 1861 & 1862; 8°.

Verein, Naturforschender, zu Riga, Correspondenzblatt. XII. Jahrgang. Riga, 1862; 8°.

— für vaterländische Naturkunde in Württemberg. Jahreshefte. XVIII. Jahrgang, 1.—3. Heft. Stuttgart, 1862; 8°.

Wiener medicinische Wochenschrift. XII. Jahrgang, Nr. 47 & 48. Wien, 1862; 4°.

Wochen-Blatt der k. k. steierm. Landwirthschafts-Gesellschaft. XII. Jahrgang, Nr. 3. Gratz, 1862; 4°.

Zeitschrift für Chemie und Pharmacie, herausgegeben von E. Erlenmeyer. V. Jahrgang, Heft 20 & 21. Heidelberg, 1862; 8°.

— des österreichischen Ingenieur-Vereines. XIV. Jahrgang, IX. Heft. Wien, 1862; gr. 4°.

Über die Bahn der Europa.

Von **August Murmann**,

Assistenten der k. k. Sternwarte.

(Fortsetzung.)

Im Jahre 1862 kommt Europa nicht in Opposition. Zur Vorausberechnung der zu Anfang des nächsten Jahres stattfindenden Opposition habe ich die zuletzt (Sitzungsberichte Bd. XLII) erhaltenen Elemente dieses Planeten durch Hinzuziehung der vierten Erscheinung verbessert.

Abweichung der l. c. p. 437 mitgetheilten Ephemeride von den Beobachtungen (B.—R.):

	1861 mittl. Zeit Berlin	Beobachtungsort	in A. R.	in Decl.
	September 27·44	Berlin	−36ˢ9	−14″3
	„ 28·37	Wien	−34·4	. . .
	„ 29·40	„	−43·2	−15·4
XII.	„ 30·44	„	−41·9	−13·6
	„ 30·47	Berlin	−38·6	−14·3
	„ 30·50	Kremsmünster	−39·2	− 6·4
	October 1·50	„	−38·4	−10·0
	„ 4·44	Wien	−40·9	− 7·7
	„ 4·49	„	−41·0	−18·9
	„ 4·49	Kremsmünster	−37·0	−10·0
	„ 4·53	Berlin [1])	−38·6	−12·8
	„ 5·49	Kremsmünster	−39·8	−11·8
	„ 7·48	Wien	−41·6	−14·8
XIII.	„ 9·47	„	−42·4	−19·3
	„ 9·47	„	−37·8	−16·0
	„ 9·48	Kremsmünster	−37·3	−10·9
	„ 10·44	Wien	−37·2	−11·0
	„ 10·47	Kremsmünster	−39·2	−11·6
	„ 13·46	„	−36·3	−10·8
		Im Mittel:		
XII. 1862. Sept.	29·73		−38ˢ94	
	29·96			−12″33
XIII. „ Oct.	7·81		−39·09	−12·97

[1]) Die A. N. 1359 angegebene Minutenzahl in Decl. wurde um 1 vermehrt.

Wegen des geringen Ganges der Ephemeriden-Correction in A. R. wurde das Mittel der Zeiten für Decl. im ersten dieser zwei Normalorte als für beide Coordinaten geltend beibehalten. Vom Betrag der Störungen befreit und zurückgeführt auf das mittlere Äquinoctium 1858·0 schliessen sich demnach den früher mitgetheilten Normalorten noch folgende zwei an:

		A. R. 1858·0	Decl. 1858·0
XII.	1861. Sept. 29·96	16°37'37ᵀ37	−3°23' 6ᵀ07
XIII.	„ Oct. 7·81	15 12 36·94	−4 8 26·24.

Diese zwei Normalorte einbezogen in den l. c. p. 434 angegebenen Ausgleich änderten die ebendaselbst aus den drei ersten Erscheinungen erhaltenen Elemente noch um

dM	1858·0 0ʰ Berlin	=	− 50ᵀ11
$d\varpi$	1858·0 m. Äq.	=	+1′ 8·84
$d\Omega$		=	− 0·01
di		=	+ 0·38
$d\varphi$		=	− 5·73
$d \log. a$		=	+0·0000175
$d\mu$		=	− 0ᵀ0394.

Die hiemit verbesserten Elemente:

Epoche 1858·0 0ʰ Berlin,

M =	34°25' 4ᵀ07
ϖ =	101 56 6·04
Ω =	129 57 16·46
i =	7 24 40·73
φ =	5 49 20·99
log. a =	0·4913474
μ =	650ᵀ1078.

geben folgende durch directe Rechnung erhaltene Vergleichung mit den Normalorten:

		B.—R. in A. R.	B.—R. in Decl.
I.	1858. Febr. 15·00	+0ᵀ89	−0ᵀ59
V.	„ April 21·00	+1·11	+1·23
VII.	„ Juni 4·00	+5·17	−3·52
VIII.	1859. Mai 20·48	−1·20	+0·47
X.	„ Juli 0·59	+3·92	+1·07
XI.	1860. Juli 22·95	+0·02	+0·59
XII.	1861. Sept. 29·96	−1·91	−0·67
XIII.	„ Oct. 7·81	−2·18	−1·13.

Als specielle Störungen durch Jupiter und Saturn (Epoche 1858·0) schliessen sich die folgenden an (in Einheiten der siebenten Decimale):

			ξ	η	ζ
1862.	Jänner	24	+163572	—104226	—52395
	Februar	23	+181359	— 96523	—51491
	März	25	+198956	— 86417	—49754
	April	24	+215956	— 73840	—47117
	Mai	24	+231913	— 58793	—43538
	Juni	23	+246362	— 41364	—38998
	Juli	23	+258833	— 21730	—33511
	August	22	+268877	— 162	—27123
	September	21	+276088	+ 22973	—19919
	October	21	+280131	+ 47229	—12014
	November	20	+280760	+ 72087	— 3562
	December	20	+277838	+ 96990	+ 5262
1863.	Jänner	19	+271350	+121358	+14262
	Februar	18	+261402	+144618	+23230
	März	20	+248213	+166237	+31963.

Der Einfluss dieser Grössen auf den geocentrischen Ort um die Zeit der Opposition 1863 herum ist folgender:

		in A. R.	in Decl.
1862. December	15	—55′12″25	+2′19″47
„	19	—56 14·01	+2 15·03
„	23	—57 8·81	+2 8·39
„	27	—57 55·39	+1 59·54
„	31	—58 32·37	+1 48·61
1863. Jänner	4	—58 58·85	+1 35·73
„	8	—59 14·02	+1 21·18
„	12	—59 17·45	+1 5·43
„	16	—59 9·12	+0 48·77
„	20	—58 49·40	+0 31·79
„	24	—58 18·96	+0 15·02
„	28	—57 38·95	—0 1·08
Februar	1	—56 50·62	—0 16·00
„	5	—55 55·41	—0 29·42
„	9	—54 54·75	—0 41·14
„	13	—53 49·92	—0 50·78
„	17	—52 42·37	—0 58·34
„	21	—51 33·24	—1 3·71
„	25	—50 23·57	—1 6·86

In der folgenden Ephemeride sind die Logarithmen der Entfernungen des Planeten von der Erde und von der Sonne mit Rücksicht auf die Störungen angegeben.

Die für den in das Jahr 1862 fallenden Theil der Ephemeride erforderlichen Sonnencoordinaten wurden zum Anschluss an die dem

Berliner Jahrbuch für 1863 entnommenen direct aus den „Tables du Soleil von Hansen und Olufsen“ gerechnet.

Ephemeride zur Opposition der Europa.

Für 0ʰ mittl. Z. Berlin.

1862—1863	Scheinbarer geocentrischer Ort		Log. der Entfernung	
	Rectascension	Declination	von der Sonne	von der Erde
1862. December 15	7ʰ 37ᵐ 27ˢ·92	+16° 33′ 9″·3	0·445243	0·277498
„ 16	36 53·66	35 45·6		
„ 17	36 18·10	38 27·6		
„ 18	35 41·26	41 15·2		
„ 19	35 3·19	44 8·2	0·445249	0·271667
„ 20	34 23·93	47 6·6		
„ 21	33 43·52	50 10·2		
„ 22	33 2·00	53 18·8		
„ 23	32 19·43	56 32·3	0·445264	0·266711
„ 24	31 35·86	+16 59 50·4		
„ 25	30 51·31	+17 3 13·3		
„ 26	30 5·86	6 40·6		
„ 27	29 19·54	10 12·2	0·445290	0·262712
„ 28	28 32·42	13 47·8		
„ 29	27 44·56	17 27·2		
„ 30	26 56·01	21 10·4		
„ 31	26 6·84	24 57·1	0·445324	0·259738
1863. Jänner 1	25 17·10	28 47·1		
„ 2	24 26·84	32 40·1		
„ 3	23 36·13	36 36·1		
„ 4	22 45·02	40 34·8	0·445369	0·257835
„ 5	21 53·58	44 36·0		
„ 6	21 1·86	48 39·5		
„ 7	20 9·93	52 45·2		
♂ „ 8	19 17·86	+17 56 52·9	0·445423	0·257037
„ 9	18 25·70	+18 1 2·3		
„ 10	17 33·52	5 13·3		
„ 11	16 41·38	9 25·5		
„ 12	15 49·34	13 39·0	0·445486	0·257360
„ 13	14 57·48	17 53·3		
„ 14	14 5·86	22 8·5		
„ 15	13 14·54	26 24·2		
„ 16	12 23·60	30 40·3	0·445559	0·258804
„ 17	11 33·10	34 56·4		
„ 18	10 43·10	39 12·6		
„ 19	7ʰ 9 53·66	+18 43 28·6		

1862—1863		Scheinbarer geocentrischer Ort		Log. der Entfernung	
		Rectascension	Declination	von der Sonne	von der Erde
1862. Jänner	20	7h 9m 4·86	+18°47'44·3	0·445642	0·261346
„	21	8 16·75	51 59·3		
„	22	7 29·41	+18 56 13·6		
„	23	6 42·88	+19 0 26·9		
„	24	5 57·22	4 39·3	0·445734	0·264943
„	25	5 12·49	8 50·4		
„	26	4 28·74	13 0·2		
„	27	3 46·02	17 8·4		
„	28	3 4·39	21 15·2	0·445835	0·269527
„	29	2 23·87	25 20·2		
„	30	1 44·52	29 23·3		
„	31	1 6·37	33 24·6		
Februar	1	7 0 29·47	37 23·8	0·445946	0·275017
„	2	6 59 53·84	41 20·9		
„	3	59 19·53	45 15·8		
„	4	58 46·56	49 8·3		
„	5	58 14·96	52 58·5	0·446066	0·281327
„	6	57 44·77	+19 56 46·3		
„	7	57 16·01	+20 0 31·5		
„	8	56 48·70	4 14·2		
„	9	56 22·86	7 54·3	0·446195	0·288366
„	10	55 58·53	11 31·7		
„	11	55 35·72	15 6·3		
„	12	55 14·46	18 38·0		
„	13	54 54·76	22 6·9	0·446334	0·296043
„	14	54 36·64	25 32·9		
„	15	54 20·11	28 55·8		
„	16	54 5·19	32 15·7		
„	17	53 51·89	35 32·5	0·446481	0·304267
„	18	53 40·22	38 46·2		
„	19	53 30·18	41 56·7		
„	20	53 21·79	45 4·1		
„	21	53 15·04	48 8·2	0·446638	0·312944
„	22	53 9·94	51 9·0		
„	23	53 6·49	54 6·5		
„	24	53 4·68	57 0·8		
„	25	6h 53 4·52	+20 59 51·7	0·446804	0·321981

Opposition 1863: Jänner 8, 10h 15m 36s
Lichtstärke = 1·67.

Jahres-Ephemeride der Europa. 1862.

1862 0h m. Z. Berlin	Scheinbarer geocentrischer Ort		Log. der Entfernung	
	Rectascension	Declination	von der Sonne	von der Erde
Jänner 0	0h 47m 22s	— 3°16′5	0·4748	0·4505
„ 10	0 54 34	2 9·6	0·4733	0·4700
„ 20	1 3 9	— 0 56·2	0·4719	0·4884
„ 30	1 12 56	+ 0 22·3	0·4704	0·5053
Februar 9	1 23 47	1 44·4	0·4690	0·5206
„ 19	1 35 33	3 8·7	0·4675	0·5344
März 1	1 48 7	4 34·3	0·4661	0·5465
„ 11	2 1 23	5 59·7	0·4648	0·5570
„ 21	2 15 15	7 24·0	0·4634	0·5659
„ 31	2 29 40	8 46·4	0·4621	0·5732
April 10	2 44 35	10 5·8	0·4608	0·5790
„ 20	2 59 55	11 20·9	0·4595	0·5832
„ 30	3 15 37	12 32·6	0·4583	0·5859
Mai 10	3 31 39	13 38·6	0·4571	0·5872
„ 20	3 47 56	14 38·8	0·4559	0·5870
„ 30	4 4 27	15 32·5	0·4548	0·5854
Juni 9	4 21 7	16 19·5	0·4536	0·5823
„ 19	4 37 51	16 59·4	0·4526	0·5778
„ 29	4 54 36	17 31·9	0·4516	0·5719
Juli 9	5 11 17	17 56·8	0·4506	0·5645
„ 19	5 27 47	18 14·3	0·4497	0·5557
„ 29	5 44 4	18 24·5	0·4488	0·5454
August 8	5 59 59	18 27·6	0·4480	0·5335
„ 18	6 15 24	18 24·2	0·4472	0·5201
„ 28	7 30 13	18 14·9	0·4465	0·5052
September 7	6 44 17	18 0·7	0·4459	0·4886
„ 17	6 57 26	17 42·6	0·4452	0·4705
„ 27	7 9 30	17 21·8	0·4447	0·4508
October 7	7 20 16	16 59·8	0·4442	0·4296
„ 17	7 29 31	16 38·6	0·4438	0·4070
„ 27	7 36 59	16 19·8	0·4435	0·3835
November 6	7 42 25	16 5·7	0·4432	0·3593
„ 16	7 45 33	15 58·2	0·4429	0·3351
„ 26	7 46 10	15 59·6	0·4427	0·3117
December 6	7 44 10	16 10·8	0·4426	0·2905
„ 16	7 39 36	16 22·6	0·4425	0·2727
„ 26	7 32 52	17 3·9	0·4425	0·2599
„ 36	7 24 43	+ 17 44·2	0·4426	0·2537

Jahres-Ephemeride der Europa. 1863.

1863 0^h m. Z. Berlin	Scheinbarer geocentrischer Ort		Log. der Entfernung	
	Rectascension	Declination	von der Sonne	von der Erde
Jänner 0	$7^h\ 26^m\ 15$	$+17°\ 24'\ 8$	0·4452	0·2597
„ 10	7 17 40	18 4·7	0·4454	0·2570
„ 20	7 9 13	18 47·6	0·4456	0·2609
„ 30	7 1 51	19 29·3	0·4459	0·2714
Februar 9	6 56 28	20 7·9	0·4463	0·2875
„ 19	6 53 33	20 42·0	0·4467	0·3075
März 1	6 53 22	21 10·9	0·4471	0·3301
„ 11	6 55 49	21 34·0	0·4476	0·3540
„ 21	7 0 43	21 51·1	0·4482	0·3783
„ 31	7 7 50	22 1·8	0·4488	0·4020
April 10	7 16 49	22 5·8	0·4495	0·4249
„ 20	7 27 22	22 2·8	0·4502	0·4466
„ 30	7 39 15	21 52·5	0·4510	0·4669
Mai 10	7 52 9	21 34·9	0·4518	0·4857
„ 20	8 5 55	21 9·8	0·4527	0·5029
„ 30	8 20 21	20 37·3	0·4536	0·5185
Juni 9	8 35 13	19 57·8	0·4546	0·5325
„ 19	8 50 29	19 11·2	0·4556	0·5450
„ 29	9 6 0	18 18·2	0·4567	0·5559
Juli 9	9 21 39	17 19·3	0·4577	0·5653
„ 19	9 37 24	16 14·7	0·4588	0·5732
„ 29	9 53 10	15 5·3	0·4600	0·5796
August 8	10 8 53	13 51·8	0·4612	0·5846
„ 18	10 24 33	12 34·7	0·4624	0·5881
„ 28	10 40 6	11 15·0	0·4636	0·5901
September 7	10 55 31	9 53·3	0·4649	0·5906
„ 17	11 10 46	8 30·5	0·4661	0·5897
„ 27	11 25 49	7 7·6	0·4674	0·5872
October 7	11 40 40	5 45·3	0·4688	0·5832
„ 17	11 55 16	4 24·6	0·4701	0·5776
„ 27	12 9 31	3 6·6	0·4715	0·5704
November 6	12 23 26	1 52·1	0·4728	0·5616
„ 16	12 36 56	+ 0 42·2	0·4742	0·5512
„ 26	12 49 55	— 0 21·9	0·4756	0·5391
December 6	13 2 16	1 19·4	0·4770	0·5253
„ 16	13 13 53	2 9·1	0·4784	0·5100
„ 26	13 24 36	2 50·0	0·4798	0·4930
„ 36	13 34 15	— 3 20·9	0·4813	0·4747

Sulla scarica istantanea della bottiglia di Leyda.

Memoria di Niccolò Vlacovich,

già allievo ordinario dell' Istituto di Fisica di Vienna, ora Professore di Matematica e Fisica al Ginnasio superiore di Capodistria.

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. Juli 1862.)

Le scariche della bottiglia di Leyda, come ad ognuno è noto, sono di due specie: la lenta cioè e l' istantanea. Ne' trattati di Fisica come pure nel trattato speciale sull' elettricità del De la Rive, mentre si dà una chiara spiegazione della scarica lenta, non si fa lo stesso dell' istantanea, della quale viene semplicemente asserito, che, quando le due armature vengono congiunte con un buon conduttore, le due elettricità contrarie si riuniscono attraverso l' aria producendo una scintilla accompagnata da forte scoppio. Il solo Matteucci[1]) v' aggiunge qualche considerazione e dice doversi dalle esperienze del Riess e del Beccaria concbiudere, che la scarica istantanea succeda gradualmente. Questa appunto era la mia idea e per comprovarla io avea già scritta gran parte della presente memoria, allorquando mi fu dato di consultare il trattato del Riess sull' elettricità per strofinamento, il quale parimenti sostiene[2]) non potersi considerare la scarica come totale - istantanea, ma come successiva. Ne viene naturale la dimanda, perchè i Fisici nei loro trattati posteriori ad onta che non sapessero dare alcuna precisa spiegazione su questo punto, pure non abbiano adottata l' opinione di questo Fisico, il quale specialmente in simili fenomeni è molto autorevole? — La poca importanza data all' opinione del Riess mi sembra che derivi da ciò, che da lui *non venne dimostrata direttamente la necessità* di considerare come successiva la scarica della bottiglia, ma si limitò a sostenere doversi assolutamente ammettere una successione nella scarica, perchè altrimenti alcuni effetti prodotti da essa sarebbero inesplicabili. Ecco infatti come egli si esprime: „Questo successivo annichilamento della carica viene dedotto dall' esperimento, in cui, se una parte del circuito viene

1) C. Matteucci. Lezioni di Fisica. 4. Edizione Napoletana 1852, pag. 176.

2) P. Th. Riess. Die Lehre von der Reibungselektricität. 1853. II. Bd., pag. 88.

distrutta dalla scarica, vi resta nella batteria un residuo molto maggiore di quello, che se il circuito renianesse illeso, — se ne ottiene una prova ancor più rigorosa nel seguente esperimento.

Abbiamo veduto che introducendo una colonna d'acqua nel circuito, la distanza esplosiva per una determinata carica resta la stessa che per un circuito del tutto metallico: egli è questa una prova che la scarica viene prodotta soltanto dallo stato elettrico delle due palle, fra le quali scocca la scintilla. Ora se colla prima scintilla venisse distrutta tutta la quantità d'elettricità appartenente alla scarica, in tal caso questa quantità dovrebbe esser la stessa ad uguale distanza esplosiva sì in un circuito tutto metallico, che in uno contenente una colonna d'acqua, cosa peraltro che nel fatto non si verifica [1]). „Dopo di ciò — e qui ci dispensiamo dal recare le sue parole — Riess passa ad esporre in generale come succedano le scariche parziali, *senza che dimostri tuttavia la impossibilità*, che la scarica possa essere considerata come prodotta in modo diverso. Non farà quindi gran meraviglia se per una tale maniera indiretta i Fisici non abbiano adottata la sua opinione: e ciò tanto più trattandosi di fenomeni spettanti all'elettricità, in cui per l'imperfezione delle teorie spesso non vien dato il debito peso alle opinioni emesse per la spiegazione d'una serie di fenomeni, sì perche essi più d'una volta si possono spiegare con opinioni diverse, e sì perchè nella ripetizione d'un esperimento non si osservano sempre gli stessi risultati, onde spesse fiate perfino questi sono messi in dubbio. L'opinione della scarica successivo-istantanea quantunque fin ora negletta non cessa d'essere men vera, spero perciò, che, *dimostrata in modo diretto la necessità d'ammetterla e spiegata con*

---

[1]) Riess. Opera citata. Vol. II, pag. 87. „Diese successive Vernichtung der Ladung wird aus dem Versuche geschlossen, dass, wenn ein Theil des Schliessungsbogens durch die Entladung zerstört wird, in der Batterie ein viel grösserer Rückstand bleibt, als bei unversehrtem Schliessungsbogen, — sie erhält einen schärferen Beleg in den folgenden Versuchen.

Wir haben gesehen, dass bei Einschaltung einer Wassersäule in den Schliessungsbogen die Schlagweite für eine bestimmte Ladung ganz dieselbe ist, wie bei ganz metallischer Schliessung; ein Beweis, dass die Entladung veranlasst wird allein durch den elektrischen Zustand der beiden Metallkugeln, zwischen welchen der Funke übergeht. Würde nun aber bei dem ersten Auftreten des Funkens die ganze zur Entladung geeignete Elektricitätsmenge vernichtet, so müsste bei gleicher Schlagweite diese Menge bei der Schliessung durch Metall und durch Wasser dieselbe sein, welches keineswegs der Fall ist."

precisione la maniera in cui ella succede, i Fisici, rimossa ogni difficoltà, non indugieranno a riconoscerne la esattezza.

La verità ultimo scopo a cui tendono gli sforzi di tutti gli scienziati, deve regnare in qualunque dottrina: e trovata una idea che ancora manca al patrimonio della scienza, sta a' suoi cultori non pure di farle omaggio, ma ben anco di svolgerla interamente e corroborarla con ragioni incontestabili. Così pensando mi proposi di cimentarmi ad investigare i principi della scarica menzionata e ad esporre il vero modo in cui essa avviene. A tale scopo per procedere con certo ordine ho diviso il mio lavoro in tre parti.

Nella prima dimostrerò per quali ragioni la scarica istantanea non possa essere considerata come la riunione totale-istantanea delle due elettricità accumulate sulle armature.

Esporrò nella seconda il modo nel quale deve ammettersi che succeda realmente la scarica stessa.

La terza finalmente mi servirà per spiegare alcuni fenomeni fino ad ora inesplicati, i quali confermano questo modo di considerare la scarica istantanea, e per aggiungere alcuni esperimenti, che questo studio mi diede occasione di fare, conducenti questi pure a convalidare le mie asserzioni sull' argomento che imprendo a trattare.

I confini che mi proposi, mi paiono sufficienti a svolgere l'idea, null' altro desiderando che, come a me parve indubitabile, così io abbia facoltà che basti a degnamente trattarla. Che se non varrò ad esaurire intieramente l' argomento, darò forse occasione agli amanti degli studi fisici di rivolgere maggiormente la loro attenzione a questo importantissimo punto; dal che non potrà che ritrarre vantaggi il progresso della scienza.

I.

Per dimostrare che la scarica istantanea non possa essere totale-istantanea, mi fa di mestieri richiamare a memoria, come si proceda nella scarica lenta.

Egli è noto, che se con un conduttore non isolato p. e. col dito, si tocca prima l' armatura A — così denominerò in seguito l' armatura ch' era in contatto col conduttore della macchina elettrica — contenendo questa oltre all' elettricità dissimulata anche della libera vien tolta alla medesima soltanto questa e non la dissimulata. Per ragioni ben conosciute sull' armatura B — così denominerò l'armatura ch' era in comunicazione col suolo — diminuisce tosto la quantità

d' elettricità dissimulata, che è la sola, che essa contiene, diventandone una porzione libera. Se ora si tocca col dito l' armatura *B*, essa perde soltanto l' ettricità negativa divenuta libera, e non la dissimulata: e così continuandosi a toccare alternativamente le due armature, si toglieranno loro sempre le elettricità libere soltanto, che alternativamente vi si sprigionano. Se invece si tocca per la prima l'armatura *B*, siccome su questa non trovasi elettricità libera, così non le si toglierà elettricità alcuna, perchè tutta quella che possiede, viene dissimulata dalla contraria dell' armatura *A*. — Si tocchino invece dopo la carica *contemporaneamente* le due armature ciascuna con un conduttore *isolato*. Con ciò null' altro si fà che ingrandire la superficie delle armature, il che non potrà portar per conseguenza se non che il conduttore in contatto dell' armatura *A* si carichi esso pure-previa induzione — d' elettricità positiva libera, la quale, diminuendo perciò in tensione sull' armatura *A*, farà diventar libera una piccola quantità d' elettricità negativa sull' armatura *B*, che si diffonderà sull' altro conduttore. Si vede dunque che toccando contemporaneamente ogni armatura con un conduttore isolato, quello in contatto coll' armatura *A* non potrà contenere che una parte dell' elettricità libera della stessa, ed il conduttore in contatto coll' armatura *B* soltanto una parte di quella quantità d' elettricità contraria, che è divenuta libera per la ragione or ora esposta. Che cosa potrà poi nascere se si avvicinano le due estremità libere di questi conduttori? Evidentemente nulla altro se non che le due elettricità libere e contrarie da essi contenute e quelle a cagione dell' avvicinamento sviluppatè per induzione si riuniscano attraverso l' aria in forma di scintilla. Potrà dunque questa scintilla essere il prodotto della riunione di tutte o quasi tutte le elettricità dissimulate e libere che si trovano accumulate sulle due armature, mentre i conduttori contengono soltanto elettricità libere, dacchè la massima parte delle due elettricità dissimulate è rimasta sulle armature? Mai nò. E' vero che tosto dopo la neutralizzazione di queste elettricità contrarie libere, i conduttori torneranno a caricarsi d' una seconda porzione, la quale parimenti si neutralizzerà in forma di scintilla, indi d' una terza e così di seguito, ma questo appunto potrà avvenire successivamente e non contemporaneamente: soltanto a motivo della veloeità traordinaria dell' elettricità, questi effetti, che in realtà sono successivi, in apparenza sembrano contemporanei. E' dunque provato per

al guisa essere impossibile che congiungendo le due armature con un buon conduttore avvenga una riunione totale-istantanea delle due elettricità accumulate su di esse: ma la scarica istantanea, che in tal caso si osserva, deve avvenire successivamente nella maniera, che in seguito esporremo. — Qualora finalmente i due conduttori, che *contemporaneamente* toccano le armature *non fossero isolati*, se non si appressano le due estremità libere, ha luogo una scarica nello stesso modo come nella lenta, dalla quale differisce unicamente per la grande velocità. Infatti per il conduttore in contatto coll' armatura *A* va perduta soltanto l' elettricità libera di questa armatura, perciò tosto si sprigiona sull' armatura *B* dell' altra elettricità pur essa libera, la quale all' istante si sperde nel suolo; dell' altra libera si sviluppa quindi sull' armatura *A*, la quale pure si spande nel suolo e così via via, passando cioè successivamente attraverso i due conduttori le elettricità libere di mano in mano che alternativamente si sviluppano sulle armature. Se poi le due estremità libere di questi conduttori non isolati si avvicinano, essendo constatato che l' elettricità statica quando diventa dinamica segue sempre il cammino più breve, le porzioni d' elettricità libera, che successivamente si sviluppano sulle due armature dovranno in questo caso riunirsi successivamente attraverso l' aria in forma di scintille, chè per la grande velocità con cui si succedono, avranno l' apparenza d' un unica forte scintilla.

Sembrandomi indubbiamente dimostrato per le ragioni fino ad ora esposte, che in nessun caso si possa considerare la scarica istantanea come una neutralizzazione totale-istantanea delle elettricità contrarie accumulate sulle due armature, passerò ad esporre in qual giusa io ritenga doversi ammettere succeda la scarica istantanea.

II.

Per maggior chiarezza e precisione considererò la bottiglia caricata sino all' ultimo limite e nel momento della scarica le armature congiunte collo scaricatore universale di Henley in modo, che l' armatura *B* sia congiunta mediante un conduttore con uno dei bracci, di cui l' estremità libera per analogia chiamerò *B'*, ed all' altra armatura *A* si vada avvicinando, parimenti con un conduttore, l' altro braccio, di cui l' estremità libera verso *B'* nominerò *A'*, mentre quella estremità che si appressa al bottone dell' armatura *A* per produrre la scarica, chiamerò α. Essendo che l' armatura *A* oltre al-

l'elettricità positiva dissimulata contiene anche della libera, non si potrà dire che quest' ultima passi sopra A', perchè è noto, che quando l' estremità α si avvicina al bottone, vi scocca una scintilla, la quale fa d' uopo considerare risultante dall' unione dell' elettricità positiva libera dell' armatura A coll' elettricità negativa sviluppata per influenza sopra α. Restando ora sul braccio soltanto l' elettricità positiva sviluppata per influenza e respinta sull' estremità opposta A', sembra che l' elettricità positiva libera di A sia passata sopra A'. Ciò successo tosto per la mancanza dell' elettricità positiva libera sull' armatura A diminuisce la quantità dell' elettricità negativa dissimulata sull' armatura B diventandone una porzione libera. Passiamo ad esaminare in generale la quantità di questa elettricità negativa libera, che si sprigiona sull' armatura B dopo la mancanza dell' elettricità positiva libera sopra l' armatura A. Sembrami che col calcolo soltanto si possa esattamente rispondere a tale ricerca. — Si chiami C la quantità totale d' elettricità dissimulata e libera che contiene l' armatura A prima di passare alla scarica: se con d'_A si designa l' elettricità dissimulata e con l'_A la libera — la quale nella carica-limite è uguale in tensione a quella del conduttore della macchina elettrica —, dovrà evidentemente essere

$$d'_A + l'_A = C$$

d' onde

$$l'_A = C - d'_A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Per determinare la libera che si sprigionerà sull' armatura B e che analogamente denominerò l'_B, bisognerà prima calcolare quale sarà — dopo l' allontanamento della libera l'_A — il valore dell' elettricità dissimulata sull' armatura B, che segnerò con d''_B, mentre d'_B esprimerà il valore della dissimulata prima della mancanza di l'_A. E' ragionevole l' ammettere che essendo le due armature simmetricamente disposte l' una rispetto all' altra, in quell' istesso rapporto in cui sta l' ettricità dissimulata sull' armatura B rispetto alla dissimulante dell' armatura A, dovrà stare anche l' ettricità dissimulata sull' armatura A rispetto alla dissimulante dell' armatura B.

Si potrà quindi stabilire la seguente proporzione:

$$C : d'_B = d'_B : d'_A$$

d' onde

$$d'_A = \frac{d'^2_B}{C} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Parimenti le quantità delle elettricità dissimulanti dovranno stare evidentemente in ragione diretta colle quantità delle elettricità da esse dissimulate. Si avrà quindi

$$d'_A + l'_A : d'_A = d'_B : d''_B$$

d' onde

$$d''_B = \frac{d'_A\, d'_B}{d'_A + l'_A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Sottraendo il valore attuale della dissimulata sull' armatura B dal valore precedente, il residuo darà evidentemente la libera negativa dell' armatura B dopo la mancanza di l'_A. Si avrà dunque

$$l'_B = d'_B - d''_B \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Per poter confrontare fra di loro i valori di l'_A ed l'_B sostituiamo in quest' ultima equazione per d''_B il suo valore ed avremo:

$$l'_B = d'_B - \frac{d'_A\, d'_B}{d'_A + l'_A} = \frac{l'_A\, d'_B}{d'_A + l'_A} = \frac{l'_A\, d'_B}{C} \quad \text{ossia}$$

$$l'_B = l'_A \cdot \frac{d'_B}{C}$$

Dovendo secondo l' ultima equazione l'_A venir moltiplicato per una frazione propria, acciocchè sia uguale ad l'_B, ciò prova che $l'_A > l'_B$, il qual risultato c' insegna, che l'elettricità negativa libera dell' armatura B sarà in quantità minore dell' elettricità positiva libera, che prima si trovava sull' armatura A. — Questa elettricità negativa libera di B si diffonderà tosto fino a B' e qui si riunirà colla positiva libera in forma di scintilla, mentre il di più di quest' ultima rimarrà sul conduttore. Neutralizzata per tal guisa l'elettricità negativa libera dell' armatura B, bentosto dovrà sprigionarsi una seconda porzione d' elettricità positiva sull' armatura A, la quale dovrà essere in quantità minore della negativa libera di B, come questaera minore rispetto alla prima porzione di positiva dell' armatura A. Vediamo come anche il calcolo confermi la nostra asserzione. Per trovare il valore di questa seconda porzione d' elettricità positiva libera, che si svincolerà sopra A e che segnerò con l''_A, si dovrà procedere in

modo analogo a quello tenuto poc' anzi per determinare l'_B. Se si considera che

$$l'_B + d''_B = d'_B$$

denominata con d''_A la quantità di dissimulata sopra l' armatura A dopo la neutralizzazione di l'_B, si avrà:

$$d''_B + l'_B : d''_B = d'_A : d''_A$$

d'onde

$$d''_A = \frac{d'_A\ d''_B}{d''_B + l'_B} = \frac{d'_A\ d''_B}{d'_B}$$

Ora essendo

$$l''_A = d'_A - d''_A$$

se si sostituisce in quest' equazione per d''_A il valore trovato si avrà:

$$l''_A = d'_A - \frac{d'_A\ d''_B}{d''_B + l'_B} = \frac{l'_B\ d'_A}{d''_B + l'_B} = \frac{l'_B\ d'_A}{d'_B}$$

ossia

$$l''_A = l'_B \cdot \frac{d'_A}{d'_B}$$

Essendo $d'_B > d'_A$, perchè d'_B esprime la quantità d'elettricità dissimulata da $d'_A + l'_A$, mentre d'_A quella dissimulata dalla sola $d'_B < d'_A + l'_A$, e dovendo l'_B venir moltiplicato per la frazione propria $\frac{d'_A}{d'_B}$, acciocchè sia uguale ad l''_B, è dimostrato che $l'_B > l''_A$. — Questa seconda porzione d'elettricità positiva libera dell'armatura A agirà a sua volta per influenza sullo scaricatore, ma con intensità minore di prima per la sua minore quantità e per il residuo rimasto sul medesimo; attirerà perciò in α una quantità minore di negativa e si congiungerà con essa in forma di scintilla, respingendo una quantità corrispondente di positiva in A'. Appena ciò successo, per la mancanza di quest' elettricità positiva libera di A si sprigionerà tosto della libera negativa sopra l'armatura B, che analogamente segnerò con l''_B e si diffonderà fino B', ove si congiungerà colla positiva producendo una seconda scintilla. Cerchiamo il valore di l''_B. A ciò si procederà in modo del tutto analogo a quello finora seguito, per cui senza ripetere il ragionamento dirò soltanto, che le succes-

sive porzioni d' elettricità libere e dissimulate verranno segnate con un indice maggiore. Essendo

$$l''_B = d''_B - d'''_B \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

per determinare il valore di d'''_B si farà uso della seguente equazione

$$d''_A + l''_A : d''_A = d''_B : d'''_B$$

d' onde

$$d'''_B = \frac{d''_A\, d''_B}{d''_A + l''_A} = \frac{d''_A\, d''_B}{d'_A}$$

il qual valore sostituito nell' equazione (5) dà

$$l''_B = \frac{l''_A\, d''_B}{d'_A} = l''_A \cdot \frac{d''_B}{d'_A}$$

dalla qual equazione risulta evidentemente che $l''_A > l''_B$ Determiniamo ancora il valora di l'''_A. A tale uopo essendo

$$l'''_A = d''_A - d'''_A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

fa di mestieri cercare il valore di d'''_A. Dall' equazione

$$d'''_B + l''_B : d'''_B = d''_A : d'''_A$$

si ha

$$d'''_A = \frac{d'_A\, d''_B}{d'''_B + l''_B} = \frac{d'_A\, d''_B}{d''_B}$$

il qual valore sostituito nell' equazione (6) dà

$$l'''_A = \frac{l''_B\, d'_A}{d''_B} = l''_B \cdot \frac{d'_A}{d''_B}$$

risultato il quale parimenti c' insegna che $l''_B > l'''_A$.

Sarebbe superfluo continuare a dedurre, come io già feci, le formole per $d^{IV}_A\, d^{V}_A$ ..... come pure per $d^{IV}_B\, d^{V}_B$ ....., perchè dalle formole simmetriche già dedotte per $d''_A\ d'''_A$ non che per $d''_B\ d'''_B$ si vede, che per le quantità successive d'elettricità dissimulate sull'armatura A, la formola generale è la seguente

$$d^n_A = \frac{d^{n-1}_A\, d^n_B}{d^{n-1}_B}$$

e per le dissimulate sull' armatura B

$$d^n_B = \frac{d^{n-1}_A\, d^{n-1}_B}{d^{n-1}_A}$$

dalle quali formole, sostituendo per n i relativi valori, si deducono colla massima facilità le già dedotte e le altre successive, meno quelle per i valori di d'_A e d'_B, non essendo queste prime porzioni di dissimulate una conseguenza d'allontanamento di elettricità libere già sussistenti sulle armature opposte.

Si è già veduto, come mediante i valori delle elettricità dissimulate si ottengano quelli delle libere. Dalle equazioni finora dedotte per quest' ultime s' ottiene la formola generale, che, per le successive porzioni d' elettricità libere sull' armatura A, sarà

$$l^n_A = d^{n-1}_A - d^n_A$$

e per quelle sull' armatura B

$$l^n_B = d^n_B - d^{n+1}_B$$

dove, come anche nella formola generale per d^n_B, il valore di d^o_A sarà evidentemente da farsi uguale a C.

Prendiamo un caso speciale ed esaminiamo che cosa c'insegna il calcolo sulle quantità delle elettricità parziali, che vanno successivamente diventando libere fino al totale esaurimento delle elettricità accumulate sulle due armature. Ritengo superfluo il notare che se i valori numerici, che otteremo, non potranno farci conoscere le quantità assolute delle elettricità dissimulate che restano sulle armature e delle libere che formano le singole scintille, essi ci daranno nulladimeno una chiara idea di queste quantità relativamente alla carica totale e della proporzione in cui sì le dissimulate che le libere vanno scemando.

Sia p. e. $C = 100$, $d'_B = 98$. Con queste due sole quantità si potranno determinare esattamente le altre. Infatti dall' equazione (2) si ha $d'_A = 96 \cdot 04$ per conseguenza dall' equazione (1) $l'_A = 3 \cdot 96$.

Mediante l'equazione (3) si vien a conoscere il valore di $d''_B = 94 \cdot 12$ coll' aiuto del quale dall' equazione (4) s'ottiene $l'_B = 3 \cdot 88$.

Continuando a sostituire i valori corrispondenti nelle formole generali suindicate fino al totale esaurimento delle elettricità, si ottiene la tabella seguente.

d_A^n	d_B^n	$d_B^n - d_A^n$	l_A^n	$l_A^n - l_B^{n+1}$	l_B^n	$l_B^n - l_B^{n+1}$	$l_A^n - l_B^n$
$d_A^1 = 96{\cdot}04$	$d_B^1 = 98{\cdot}00$	1·96	$l_A^1 = 3{\cdot}96$		$l_B^1 = 3{\cdot}38$		0·08
				0·16		0·16	
$d_A^2 = 92{\cdot}24$	$d_B^2 = 94{\cdot}12$	1·88	$l_A^2 = 3{\cdot}80$		$l_B^2 = 3{\cdot}72$		0·08
				0·15		0·14	
$d_A^3 = 88{\cdot}59$	$d_B^3 = 90{\cdot}40$	1·81	$l_A^3 = 3{\cdot}65$		$l_B^3 = 3{\cdot}58$		0·07
				0·14		0·14	
$d_A^4 = 85{\cdot}08$	$d_B^4 = 86{\cdot}82$	1·74	$l_A^4 = 3{\cdot}51$		$l_B^4 = 3{\cdot}44$		0·07
				0·14		0·14	
$d_A^5 = 81{\cdot}71$	$d_B^5 = 83{\cdot}38$	1·67	$l_A^5 = 3{\cdot}37$		$l_B^5 = 3{\cdot}30$		0·07
				0·14		0·13	
$d_A^6 = 78{\cdot}48$	$d_B^6 = 80{\cdot}08$	1·60	$l_A^6 = 3{\cdot}23$		$l_B^6 = 3{\cdot}17$		0·06
				0·12		0·12	
$d_A^7 = 75{\cdot}37$	$d_B^7 = 76{\cdot}91$	1·54	$l_A^7 = 3{\cdot}11$		$l_B^7 = 3{\cdot}05$		0·06
				0·12		0·12	
$d_A^8 = 72{\cdot}38$	$d_B^8 = 73{\cdot}86$	1·48	$l_A^8 = 2{\cdot}99$		$l_B^8 = 2{\cdot}93$		0·06
				0·12		0·12	
$d_A^9 = 69{\cdot}51$	$d_B^9 = 70{\cdot}93$	1·42	$l_A^9 = 2{\cdot}87$		$l_B^9 = 2{\cdot}81$		0·06
				0·12		0·11	
$d_A^{10} = 66{\cdot}76$	$d_B^{10} = 68{\cdot}12$	1·36	$l_A^{10} = 2{\cdot}75$		$l_B^{10} = 2{\cdot}70$		0·05
				0·11		0·11	
$d_A^{11} = 64{\cdot}22$	$d_B^{11} = 65{\cdot}42$	1·30	$l_A^{11} = 2{\cdot}64$		$l_B^{11} = 2{\cdot}59$		0·05
				0·10		0·10	
$d_A^{12} = 61{\cdot}58$	$d_B^{12} = 62\ 83$	1·25	$l_A^{12} = 2{\cdot}54$		$l_B^{12} = 2{\cdot}49$		0·05
				0·10		0·10	
$d_A^{13} = 59{\cdot}14$	$d_B^{13} = 60{\cdot}34$	1·20	$l_A^{13} = 2{\cdot}44$		$l_B^{14} = 2{\cdot}39$		0·05
				0·10		0·10	
$d_A^{14} = 56{\cdot}80$	$d_B^{14} = 57{\cdot}95$	1·15	$l_A^{14} = 2{\cdot}34$		$l_B^{14} = 2{\cdot}29$		0·05
				0·10		0·09	
$d_A^{15} = 54{\cdot}56$	$d_B^{15} = 55{\cdot}66$	1·10	$l_A^{15} = 2{\cdot}24$		$l_B^{15} = 2{\cdot}20$		0·04
				8·08		0·08	
$d_A^{16} = 52{\cdot}40$	$d_B^{16} = 53{\cdot}46$	1·06	$l_A^{16} = 2{\cdot}16$		$l_B^{16} = 2{\cdot}12$		0·04
				0·08		0·08	
$d_A^{17} = 50{\cdot}32$	$d_B^{17} = 51{\cdot}34$	1·02	$l_A^{17} = 2{\cdot}08$		$l_B^{17} = 2{\cdot}04$		0·04
				0·08		0·08	

d_A^n	d_B^n	$d_B^n - d_A^n$	l_A^n	$l_A^n - l_A^{n+1}$	l_B^n	$l_B^n - l_B^{n+1}$	$l_A^n - l_B^n$
$d_A^{18} = 48{\cdot}32$	$d_B^{18} = 49{\cdot}30$	0·98	$l_A^{18} = 2{\cdot}00$	0·08	$l_B^{18} = 1{\cdot}96$	0·08	0·04
$d_A^{19} = 46{\cdot}40$	$d_B^{19} = 47{\cdot}34$	0·94	$l_A^{19} = 1{\cdot}92$	0·08	$l_B^{19} = 1{\cdot}88$	0·08	0·04
$d_A^{20} = 44{\cdot}56$	$d_B^{20} = 45{\cdot}46$	0·90	$l_A^{20} = 1{\cdot}84$	0·08	$l_B^{20} = 1{\cdot}80$	0·08	0·04
$d_A^{21} = 42{\cdot}80$	$d_B^{21} = 43{\cdot}66$	0·86	$l_A^{21} = 1{\cdot}76$	0·07	$l_B^{21} = 1{\cdot}72$	0·06	0·04
$d_A^{22} = 41{\cdot}11$	$d_B^{22} = 41{\cdot}94$	0·83	$l_A^{22} = 1{\cdot}69$	0·06	$l_B^{22} = 1{\cdot}66$	0·06	0·03
$d_A^{23} = 39{\cdot}48$	$d_B^{23} = 40{\cdot}28$	0·80	$l_A^{23} = 1{\cdot}63$	0·06	$l_B^{23} = 1{\cdot}60$	0·06	0·03
$d_A^{24} = 37{\cdot}91$	$d_B^{24} = 38{\cdot}68$	0·77	$l_A^{24} = 1{\cdot}57$	0·06	$l_B^{24} = 1{\cdot}54$	0·06	0·03
$d_A^{25} = 36{\cdot}40$	$d_B^{25} = 37{\cdot}14$	0·74	$l_A^{25} = 1{\cdot}51$	0·06	$l_B^{25} = 1{\cdot}48$	0·06	0·03
$d_A^{26} = 34{\cdot}95$	$d_B^{26} = 35{\cdot}66$	0·71	$l_A^{26} = 1{\cdot}45$	0·06	$l_B^{26} = 1{\cdot}42$	0·06	0·03
$d_A^{27} = 33{\cdot}56$	$d_B^{27} = 34{\cdot}24$	0·68	$l_A^{27} = 1{\cdot}39$	0·06	$l_B^{27} = 1{\cdot}36$	0·06	0·03
$d_A^{28} = 32{\cdot}23$	$d_B^{28} = 32{\cdot}88$	0·65	$l_A^{28} = 1{\cdot}33$	0·06	$l_B^{28} = 1{\cdot}30$	0·06	0·03
$d_A^{29} = 30{\cdot}96$	$d_B^{29} = 31{\cdot}58$	0·62	$l_A^{29} = 1{\cdot}27$	0·05	$l_B^{29} = 1{\cdot}24$	0·04	0·03
$d_A^{30} = 29{\cdot}74$	$d_B^{30} = 30{\cdot}34$	0·60	$l_A^{30} = 1{\cdot}22$	0·04	$l_B^{30} = 1{\cdot}20$	0·04	0·02
$d_A^{31} = 28{\cdot}56$	$d_B^{31} = 29{\cdot}14$	0·58	$l_A^{31} = 1{\cdot}18$	0·04	$l_B^{31} = 1{\cdot}16$	0·04	0·02
$d_A^{32} = 27{\cdot}42$	$d_B^{32} = 27{\cdot}98$	0·56	$l_A^{32} = 1{\cdot}14$	0·04	$l_B^{32} = 1{\cdot}12$	0·04	0·02
$d_A^{33} = 26{\cdot}32$	$d_B^{33} = 26{\cdot}86$	0·54	$l_A^{33} = 1{\cdot}10$	0·04	$l_B^{33} = 1{\cdot}08$	0·04	0·02
$d_A^{34} = 25{\cdot}26$	$d_B^{34} = 25{\cdot}78$	0·52	$l_A^{34} = 1{\cdot}06$	0·04	$l_B^{34} = 1{\cdot}04$	0·04	0·02
$d_A^{35} = 24{\cdot}24$	$d_B^{35} = 24{\cdot}74$	0·50	$l_A^{35} = 1{\cdot}02$	0·04	$l_B^{35} = 1{\cdot}00$	0·04	0·02
$d_A^{36} = 23{\cdot}26$	$d_B^{36} = 23{\cdot}74$	0·48	$l_A^{36} = 0{\cdot}98$	0·04	$l_B^{36} = 0{\cdot}96$	0·04	0·02

$d_A^{32} = 21{\cdot}42$	$d_B^{32} = 21{\cdot}86$	0·44	$l_A^{32} = 0{\cdot}90$	0·04	$l_B^{32} = 0{\cdot}88$	0·04	0·02				
$d_A^{33} = 20{\cdot}56$	$d_B^{33} = 20{\cdot}98$	0·42	$l_A^{33} = 0{\cdot}86$	0·04	$l_B^{33} = 0{\cdot}84$	0·04	0·02				
$d_A^{34} = 19{\cdot}74$	$d_B^{34} = 20{\cdot}14$	0·40	$l_A^{34} = 0{\cdot}82$	0·04	$l_B^{34} = 0{\cdot}80$	0·04	0·02				
$d_A^{31} = 18{\cdot}96$	$d_B^{31} = 19{\cdot}34$	0·38	$l_A^{31} = 0{\cdot}78$	0·03	$l_B^{31} = 0{\cdot}76$	0·03	0·02				
$d_A^{35} = 18{\cdot}21$	$d_B^{35} = 18{\cdot}58$	0·37	$l_A^{35} = 0{\cdot}75$	0·03	$l_B^{35} = 0{\cdot}73$	0·02	0·01				
$d_A^{36} = 17{\cdot}49$	$d_B^{36} = 17{\cdot}85$	0·36	$l_A^{36} = 0{\cdot}72$	0·02	$l_B^{36} = 0{\cdot}71$	0·02	0·01				
$d_A^{44} = 16{\cdot}79$	$d_B^{44} = 17{\cdot}14$	0·35	$l_A^{44} = 0{\cdot}70$	0·02	$l_B^{44} = 0{\cdot}69$	0·02	0·01				
$d_A^{45} = 16{\cdot}11$	$d_B^{45} = 16{\cdot}45$	0·34	$l_A^{45} = 0{\cdot}68$	0·02	$l_B^{45} = 0{\cdot}67$	0·02	0·01				
$d_A^{46} = 15{\cdot}45$	$d_B^{46} = 15{\cdot}78$	0·33	$l_A^{46} = 0{\cdot}66$	0·02	$l_B^{46} = 0{\cdot}65$	0·02	0·01				
$d_A^{37} = 14{\cdot}81$	$d_B^{37} = 15{\cdot}13$	0·32	$l_A^{37} = 0{\cdot}64$	0·02	$l_B^{37} = 0{\cdot}63$	0·02	0·01				
$d_A^{43} = 14{\cdot}19$	$d_B^{43} = 14{\cdot}50$	0·31	$l_A^{43} = 0{\cdot}62$	0·02	$l_B^{43} = 0{\cdot}61$	0·02	0·01				
$d_A^{50} = 13{\cdot}59$	$d_B^{50} = 13{\cdot}89$	0·30	$l_A^{50} = 0{\cdot}60$	0·02	$l_B^{50} = 0{\cdot}59$	0·02	0·01				
$d_A^{30} = 13{\cdot}01$	$d_B^{30} = 13{\cdot}30$	0·29	$l_A^{30} = 0{\cdot}58$	0·02	$l_B^{30} = 0{\cdot}57$	0·02	0·01				
$d_A^{51} = 12{\cdot}45$	$d_B^{51} = 12{\cdot}73$	0·28	$l_A^{51} = 0{\cdot}56$	0·02	$l_B^{51} = 0{\cdot}55$	0·02	0·01				
$d_A^{52} = 11{\cdot}91$	$d_B^{52} = 12{\cdot}18$	0·27	$l_A^{52} = 0{\cdot}54$	0·02	$l_B^{52} = 0{\cdot}53$	0·02	0·01				
$d_A^{38} = 11{\cdot}39$	$d_B^{38} = 11{\cdot}65$	0·26	$l_A^{38} = 0{\cdot}52$	0·02	$l_B^{38} = 0{\cdot}51$	0·02	0·01				
$d_A^{54} = 10{\cdot}89$	$d_B^{54} = 11{\cdot}14$	0·25	$l_A^{54} = 0{\cdot}50$	0·02	$l_B^{54} = 0{\cdot}49$	0·02	0·01				
$d_A^{55} = 10{\cdot}41$	$d_B^{55} = 10{\cdot}65$	0·24	$l_A^{55} = 0{\cdot}48$	0·02	$l_B^{55} = 0{\cdot}47$	0·02	0·01				
$d_A^{56} = 9{\cdot}95$	$d_B^{56} = 10{\cdot}18$	0·23	$l_A^{56} = 0{\cdot}46$	0·02	$l_B^{56} = 0{\cdot}45$	0·02	0·01				
$d_A^{57} = 9{\cdot}51$	$d_B^{57} = 9{\cdot}73$	0·22	$l_A^{57} = 0{\cdot}44$	0·02	$l_B^{57} = 0{\cdot}43$	0·02					

d_A^n	d_B^n	$d_B^n - d_A^n$	l_A^n	$l_A^n - l_A^{n+1}$	l_B^n	$l_B^n - l_B^{n+1}$	$l_A^n - l_B^n$
$d_A^{56} = 9{\cdot}09$	$d_B^{56} = 9{\cdot}30$	0·21	$l_A^{56} = 0{\cdot}42$	0·02	$l_B^{56} = 0{\cdot}41$	0·02	0·01
$d_A^{57} = 8{\cdot}69$	$d_B^{57} = 8{\cdot}89$	0·20	$l_A^{57} = 0{\cdot}40$	0·02	$l_B^{57} = 0{\cdot}39$	0·02	0·01
$d_A^{58} = 8{\cdot}31$	$d_B^{58} = 8{\cdot}50$	0·19	$l_A^{58} = 0{\cdot}38$	0·02	$l_B^{58} = 0{\cdot}37$	0·02	0·01
$d_A^{59} = 7{\cdot}95$	$d_B^{59} = 8{\cdot}13$	0·18	$l_A^{59} = 0{\cdot}36$	0·02	$l_B^{59} = 0{\cdot}35$	0·02	0·01
$d_A^{60} = 7{\cdot}61$	$d_B^{60} = 7{\cdot}78$	0·17	$l_A^{60} = 0{\cdot}34$	0·02	$l_B^{60} = 0{\cdot}33$	0·02	0·01
$d_A^{61} = 7{\cdot}29$	$d_B^{61} = 7{\cdot}45$	0·16	$l_A^{61} = 0{\cdot}32$	0·02	$l_B^{61} = 0{\cdot}31$	0·02	0·01
$d_A^{62} = 6{\cdot}99$	$d_B^{62} = 7{\cdot}14$	0·15	$l_A^{62} = 0{\cdot}30$	0·02	$l_B^{62} = 0{\cdot}29$	0·02	0·01
$d_A^{63} = 6{\cdot}71$	$d_B^{63} = 6{\cdot}85$	0·14	$l_A^{63} = 0{\cdot}28$	0·02	$l_B^{63} = 0{\cdot}27$	0·02	0·01
$d_A^{64} = 6{\cdot}45$	$d_B^{64} = 6{\cdot}58$	0·13	$l_A^{64} = 0{\cdot}26$	0·01	$l_B^{64} = 0{\cdot}25$	0·00	0·00
$d_A^{65} = 6{\cdot}20$	$d_B^{65} = 6{\cdot}33$	0·13	$l_A^{65} = 0{\cdot}25$	0·01	$l_B^{65} = 0{\cdot}24$	0·00	0·00
$d_A^{66} = 5{\cdot}96$	$d_B^{66} = 6{\cdot}08$	0·12	$l_A^{66} = 0{\cdot}24$	0·00	$l_B^{66} = 0{\cdot}24$	0·00	0·00
$d_A^{67} = 5{\cdot}72$	$d_B^{67} = 5{\cdot}84$	0·12	$l_A^{67} = 0{\cdot}24$	0·00	$l_B^{67} = 0{\cdot}23$	0·01	0·01
$d_A^{68} = 5{\cdot}48$	$d_B^{68} = 5{\cdot}60$	0·12	$l_A^{68} = 0{\cdot}23$	0·01	$l_B^{68} = 0{\cdot}23$	0·00	0·00
$d_A^{69} = 5{\cdot}25$	$d_B^{69} = 5{\cdot}37$	0·12	$l_A^{69} = 0{\cdot}22$	0·01	$l_B^{69} = 0{\cdot}22$	0·00	0·00
$d_A^{70} = 5{\cdot}03$	$d_B^{70} = 5{\cdot}14$	0·11	$l_A^{70} = 0{\cdot}22$	0·00	$l_B^{70} = 0{\cdot}22$	0·01	0·01
$d_A^{71} = 4{\cdot}81$	$d_B^{71} = 4{\cdot}92$	0·11	$l_A^{71} = 0{\cdot}22$	0·00	$l_B^{71} = 0{\cdot}21$	0·00	0·00
$d_A^{72} = 4{\cdot}59$	$d_B^{72} = 4{\cdot}70$	0·11	$l_A^{72} = 0{\cdot}21$	0·01	$l_B^{72} = 0{\cdot}21$	0·01	0·00
$d_A^{73} = 4{\cdot}38$	$d_B^{73} = 4{\cdot}49$	0·11	$l_A^{73} = 0{\cdot}20$	0·01	$l_B^{73} = 0{\cdot}20$	0·01	0·00
$d_A^{74} = 4{\cdot}18$	$d_B^{74} = 4{\cdot}28$	0·10	$l_A^{74} = 0{\cdot}20$	0·01	$l_B^{74} = 0{\cdot}20$	0·01	0·00

$d_A^{78} = 3{\cdot}80$	$d_B^{78} = 3{\cdot}89$	0·09	$l_A^{78} = 0{\cdot}19$	0·00	$l_B^{78} = 0{\cdot}18$	0·01	0·01
$d_A^{79} = 3{\cdot}62$	$d_B^{79} = 3{\cdot}71$	0·09	$l_A^{79} = 0{\cdot}18$	0·01	$l_B^{79} = 0{\cdot}18$	0·00	0·00
$d_A^{80} = 3{\cdot}44$	$d_B^{80} = 3{\cdot}53$	0·09	$l_A^{80} = 0{\cdot}18$	0·00	$l_B^{80} = 0{\cdot}18$	0·00	0·00
$d_A^{81} = 3{\cdot}26$	$d_B^{81} = 3{\cdot}35$	0·09	$l_A^{81} = 0{\cdot}18$	0·00	$l_B^{81} = 0{\cdot}18$	0·00	0·00
$d_A^{82} = 3{\cdot}09$	$d_B^{82} = 3{\cdot}17$	0·08	$l_A^{82} = 0{\cdot}17$	0·01	$l_B^{82} = 0{\cdot}17$	0·01	0·00
$d_A^{83} = 2{\cdot}92$	$d_B^{83} = 3{\cdot}00$	0·08	$l_A^{83} = 0{\cdot}17$	0·00	$l_B^{83} = 0{\cdot}17$	0·00	0·00
$d_A^{84} = 2{\cdot}75$	$d_B^{84} = 2{\cdot}83$	0·08	$l_A^{84} = 0{\cdot}17$	0·00	$l_B^{84} = 0{\cdot}16$	0·01	0·01
$d_A^{85} = 2{\cdot}59$	$d_B^{85} = 2{\cdot}67$	0·08	$l_A^{85} = 0{\cdot}16$	0·01	$l_B^{85} = 0{\cdot}16$	0·00	0·00
$d_A^{86} = 2{\cdot}43$	$d_B^{86} = 2{\cdot}51$	0·08	$l_A^{86} = 0{\cdot}16$	0·00	$l_B^{86} = 0{\cdot}16$	0·00	0·00
$d_A^{87} = 2{\cdot}28$	$d_B^{87} = 2{\cdot}35$	0·07	$l_A^{87} = 0{\cdot}15$	0·01	$l_B^{87} = 0{\cdot}15$	0·01	0·00
$d_A^{88} = 2{\cdot}13$	$d_B^{88} = 2{\cdot}20$	0·07	$l_A^{88} = 0{\cdot}15$	0·00	$l_B^{88} = 0{\cdot}14$	0·00	0·01
$d_A^{89} = 1{\cdot}99$	$d_B^{89} = 2{\cdot}06$	0·07	$l_A^{89} = 0{\cdot}14$	0·01	$l_B^{89} = 0{\cdot}14$	0·00	0·00
$d_A^{90} = 1{\cdot}85$	$d_B^{90} = 1{\cdot}92$	0·07	$l_A^{90} = 0{\cdot}14$	0·00	$l_B^{90} = 0{\cdot}14$	0·00	0·00
$d_A^{91} = 1{\cdot}72$	$d_B^{91} = 1{\cdot}78$	0·06	$l_A^{91} = 0{\cdot}13$	0·01	$l_B^{91} = 0{\cdot}13$	0·01	0·00
$d_A^{92} = 1{\cdot}59$	$d_B^{92} = 1{\cdot}65$	0·06	$l_A^{92} = 0{\cdot}13$	0·00	$l_B^{92} = 0{\cdot}12$	0·01	0·01
$d_A^{93} = 1{\cdot}47$	$d_B^{93} = 1{\cdot}53$	0·06	$l_A^{93} = 0{\cdot}12$	0·01	$l_B^{93} = 0{\cdot}12$	0·00	0·00
$d_A^{94} = 1{\cdot}35$	$d_B^{94} = 1{\cdot}41$	0·06	$l_A^{94} = 1{\cdot}12$	0·00	$l_B^{94} = 0{\cdot}12$	0·00	0·00
$d_A^{95} = 1{\cdot}24$	$d_B^{95} = 1{\cdot}29$	0·05	$l_A^{95} = 1{\cdot}11$	0·01	$l_B^{95} = 0{\cdot}11$	0·01	0·00
$d_A^{96} = 1{\cdot}13$	$d_B^{96} = 1{\cdot}18$	0·05	$l_A^{96} = 0{\cdot}11$	0·00	$l_B^{96} = 0{\cdot}10$	0·01	0·01
$d_A^{97} = 1{\cdot}03$	$d_B^{97} = 1{\cdot}08$	0·05	$l_A^{97} = 0{\cdot}10$	0·01	$l_B^{97} = 0{\cdot}10$	0·00	0·00
				0·00		0·00	

d_A^n	d_B^n	$d_B^n - d_A^n$	l_A^n	$l_A^n - l_A^{n+1}$	l_B^n	$l_B^n - l_B^{n+1}$	$l_A^n - l_B^n$
$d_A^{98} = 0{\cdot}93$	$d_B^{98} = 0{\cdot}98$	0·05	$l_A^{98} = 0{\cdot}10$	0·01	$l_B^{98} = 0{\cdot}10$	0·01	0·00
$d_A^{99} = 0{\cdot}84$	$d_B^{99} = 0{\cdot}88$	0·04	$l_A^{99} = 0{\cdot}09$	0·00	$l_B^{99} = 0{\cdot}09$	0·01	0·00
$d_A^{100} = 0{\cdot}75$	$d_B^{100} = 0{\cdot}79$	0·04	$l_A^{100} = 0{\cdot}09$	0·01	$l_B^{100} = 0{\cdot}08$	0·00	0·01
$d_A^{101} = 0{\cdot}67$	$d_B^{101} = 0{\cdot}71$	0·04	$l_A^{101} = 0{\cdot}08$	0·00	$l_B^{101} = 0{\cdot}08$	0·00	0·00
$d_A^{102} = 0{\cdot}59$	$d_B^{102} = 0{\cdot}63$	0·04	$l_A^{102} = 0{\cdot}08$	0·01	$l_B^{102} = 0{\cdot}08$	0·01	0·00
$d_A^{103} = 0{\cdot}52$	$d_B^{103} = 0{\cdot}55$	0·03	$l_A^{103} = 0{\cdot}07$	0·00	$l_B^{103} = 0{\cdot}07$	0·01	0·00
$d_A^{104} = 0{\cdot}45$	$d_B^{104} = 0{\cdot}48$	0·03	$l_A^{104} = 0{\cdot}07$	0·01	$l_B^{104} = 0{\cdot}06$	0·00	0·01
$d_A^{105} = 0{\cdot}39$	$d_B^{105} = 0{\cdot}42$	0·03	$l_A^{105} = 0{\cdot}06$	0·00	$l_B^{105} = 0{\cdot}06$	0·00	0·00
$d_A^{106} = 0{\cdot}33$	$d_B^{106} = 0{\cdot}36$	0·03	$l_A^{106} = 0{\cdot}06$	0·00	$l_B^{106} = 0{\cdot}06$	0·00	0·00
$d_A^{107} = 0{\cdot}27$	$d_B^{107} = 0{\cdot}30$	0·03	$l_A^{107} = 0{\cdot}06$	0·01	$l_B^{107} = 0{\cdot}05$	0·01	0·01
$d_A^{108} = 0{\cdot}22$	$d_B^{108} = 0{\cdot}25$	0·03	$l_A^{108} = 0{\cdot}05$	0·01	$l_B^{108} = 0{\cdot}05$	0·00	0·00
$d_A^{109} = 0{\cdot}18$	$d_B^{109} = 0{\cdot}20$	0·02	$l_A^{109} = 0{\cdot}04$	0·00	$l_B^{109} = 0{\cdot}04$	0·01	0·00
$d_A^{110} = 0{\cdot}14$	$d_B^{110} = 0{\cdot}16$	0·02	$l_A^{110} = 0{\cdot}04$	0·00	$l_B^{110} = 0{\cdot}04$	0·00	0·00
$d_A^{111} = 0{\cdot}10$	$d_B^{111} = 0{\cdot}12$	0·02	$l_A^{111} = 0{\cdot}04$	0·01	$l_B^{111} = 0{\cdot}03$	0·01	0·01
$d_A^{112} = 0{\cdot}07$	$d_B^{112} = 0{\cdot}08$	0·01	$l_A^{112} = 0{\cdot}03$	0·01	$l_B^{112} = 0{\cdot}02$	0·00	0·01
$d_A^{113} = 0{\cdot}05$	$d_B^{113} = 0{\cdot}06$	0·01	$l_A^{113} = 0{\cdot}02$	0·00	$l_B^{113} = 0{\cdot}02$	0·00	0·00
$d_A^{114} = 0{\cdot}03$	$d_B^{114} = 0{\cdot}04$	0·01	$l_A^{114} = 0{\cdot}02$	0·01	$l_B^{114} = 0{\cdot}02$	0·01	0·00
$d_A^{115} = 0{\cdot}02$	$d_B^{115} = 0{\cdot}02$	0·00	$l_A^{115} = 0{\cdot}01$	0·00	$l_B^{115} = 0{\cdot}01$	0·00	0·00
$d_A^{116} = 0{\cdot}01$	$d_B^{116} = 0{\cdot}01$	0·00	$l_A^{116} = 0{\cdot}01$	0·01	$l_B^{116} = 0{\cdot}01$	0·01	0·00
$d_A^{117} = 0{\cdot}01$	$d_B^{117} = 0{\cdot}01$	0·00	$l_A^{117} = 0{\cdot}00$		$l_B^{117} = 0{\cdot}00$		0·00

Questa tabella fa vedere:

1. nella prima e seconda colonna, che le quantità d'elettricità dissimulate vanno scemando in proporzione maggiore da principio, e nella terza colonna, che la loro differenza in quantità diminuisce sempre più;
2. nella quarta, sesta ed ottava colonna, che specialmente da principio l'elettricità positiva libera si sprigiona in quantità maggiore della negativa e che soltanto dopo la neutralizzazione della massima parte delle elettricità accumulate sulle due armature la differenza in quantità diventa insensibile e talvolta anche nulla;
3. nella quinta e settima colonna, che le quantità d'elettricità libera positiva e negativa vanno pure sempre più diminuendo e che tale diminuzione succede in proporzione maggiore da principio.

Le considerazioni e dimostrazioni finora fatte provano che nella scarica alternativamente si svincolano sulle due armature delle elettricità libere positive e negative, le quali si congiungono a loro volta in forma di scintilla fra A' e B', finchè esse, per la successiva diminuzione delle elettricità libere, dopo un numero più o meno grande di scintille secondo le circostanze — come la quantità della carica, la distanza fra A' e B' ed altre — non hanno più la tensione necessaria per produrre una scintilla. Dovrà quindi restar sempre un residuo d'elettricità sulle due armature, il quale potrà puranco dare una seconda serie di piccole scintille quando si avvicini maggiormente A' a B' ed α ad A, il che formerebbe la scarica residua.

Da quanto fin quì fu detto risulta chiara la mia opinione sul modo in cui io considero la scarica. Io trovo impossibile, per le ragioni esposte, il riguardare la scarica della bottiglia come una riunione totale-istantanea delle elettricità accumulate sulle due armature, ma ritengo invece, che *la scarica abbia luogo mediante la riunione successivo-istantanea di quelle quantità d'elettricità libere, che di mano in mano vanno svincolandosi sulle due armature* ossia *considero la forte scintilla della bottiglia come il risultato d'una serie di scintille sempre più decrescenti in intensità, ma succedentisi con velocità tale da non poter discernere la successione.* — Questa è appunto la conclusione alla quale giunse anche

il Riess [1]) per via indiretta, e questa è parimenti l'opinione del Matteucci [2]), il quale peraltro nè con più validi ragionamenti giustifica, nè con nuovi fatti conferma questa sua asserzione. Spero perciò che le considerazioni fatte e quello che in seguito esporrò su quest' argomento varrà a torre ogni dubbio sul vero modo in cui deve essere riguardata la scarica istantanea.

Se si considera che la velocità con cui si propaga l'elettricità è superiore a quella della luce, che perciò queste scintille si succedono in uno spazio di tempo, che deve dirsi infinitamente piccolo e quasi indefinibile, e che dall' altro canto ogni impressione, specialmente se intensa come quella d'una scintilla, ha una certa durata; si vedrà di leggeri, che le singole scintille non possono apparire distinte nè in riguardo acustico, nè in riguardo ottico, ma che l'impressione risultante dovrà essere quella d'un unica e forte scintilla. Oltre di ciò si può dire in generale che i fenomeni elettrici vengono attualmente considerati dai Fisici come una conseguenza di effetti successivi. Così la propagazione dell' elettricità non viene più risguardata come la corsa de' fluidi elettrici da un polo all' altro, ma come una successiva induzione dinamica ossia polarizzazione elettrica delle molecole; parimenti nella teoria della pila, spiegata dal chiarissimo De la Rive colla polarizzazione delle molecole, vediamo una successione di effetti, mediante la quale si ottengono quei grandi risultati ben noti ad ognuno.

A questo modo di considerare la scarica si potrebbe opporre, che avendo noi dimostrato andare la quantità d'elettricità libere positiva e negativa sempre più diminuendo, se si collocasse l'estremità A' e B' alla distanza esplosiva per la prima scintilla, le successive porzioni non dovrebbero poter riunirsi all' istessa distanza in forma di scintilla, con che la scarica sarebbe impossibile, mentre essa nulladimeno avviene. A quest' obbiezione risponde Riess a cappello come segue: „Ciò realmente dovrebbe succedere se l'aria fra le due palle scaricatrici fosse rimasta inalterata. Ma quest'aria ha sofferto un sensibile cangiamento nel frattempo, che separa le scariche parziali: le scintille l'hanno lacerata, rarefatta ed arrichita di particelle conduttrici staccatesi dalle palle. In aria di tal fatta però

[1]) Riess. Opera citata. Vol. II. pag. 89.

[2]) Matteucci. Cours spécial sur l'induction ecc. p. 43.

l'istessa quantità d'elettricità sulla palla ha una maggior distanza esplosiva, ed una minore quantità avrà la stessa distanza esplosiva. Dunque nelle scariche parziali ogni singola scintilla facilita lo scoccare della successiva, finchè l'elettricità restante è in grado di passare attraverso l'aria nel suo stato attuale. D'allora in poi cessa la scarica, ritorna aria allo stato normale fra le palle e queste devono essere avvicinate di buon tratto per render possibile un' altra scarica [1]).“ Gli esperimenti poi di Faraday e di Daniell confermano l'esattezza della risposta all' obbiezione fatta.

Un' altra obbiezione potrebbe essere parimenti sollevata, vale a dire: perchè avendo la sola prima scintilla una tensione uguale a quella della macchina elettrica e tutte le altre una minore, con una macchina elettrica di media grandezza non si possano ottenere alcuni effetti, che nulladimeno si ottengono colla bottiglia o batteria caricata colla macchina stessa? — Questo mi sembra provvenire dalla circostanza, che, mentre nella macchina elettrica le scintille si succedono con lentezza in un tempo determinabile, perchè non possono scoccare se non di mano in mano che il conduttore col mezzo dello strofinamento si carica d'elettricità; nella bottiglia per lo contrario, trovandosi le elettricità già ammassate sulle due armature, le scintille si seguono con rapidità assai superiore a quella che può ottenersi colla macchina elettrica. Ciò deve aumentare il loro effetto, sia che si ammetta una polarizzazione od una vibrazione delle molecole della sostanza attraverso la quale si fa passare la scarica.

III.

Dopo aver esposta la maniera nella quale a parer mio dovrebbe essere riguardata la scarica istantanea e respinte le obbiezioni che

[1]) Riess. Opera citata. Vol. II. p. 90. „Dies würde in der That geboten sein, wenn die Luft zwischen den entladenden Kugeln unverändert geblieben wäre. Aber diese Luft hat in der Zwischenzeit, welche die Partialentladungen trennt, eine wesentliche Änderung erlitten; sie ist durch den Funken auseinander gerissen, verdünnt, auch mit leitenden, von den Kugeln abgerissenen Theilchen vermischt worden. In einem solchen Luftraume hat aber dieselbe Elektricitätsmenge auf der Kugel eine grössere Schlagweite als zuvor, und dieselbe Schlagweite wird daher jetzt für eine geringere Menge passen. Bei den Partialentladungen vermittelt also jeder Funke den Durchbruch des zunächst folgenden so lange, als die noch vorhandene Elektricitätsmenge im Stande ist, bei dem bestehenden Zustande des Luftraumes überzugehen. Alsdann hört die Entladung auf, es tritt gewöhnliche Luft in den Zwischenraum der Kugeln, und diese müssen einander um ein grosses Stück genähert werden, um eine neue Entladung möglich zu machen.“

ad infermarla, secondo me, potrebbero esser fatte, passerò ad esaminare i fenomeni e gli esperimenti, che credo confermino la mia opinione.

In primo luogo, se la scarica, come generalmente si ritiene, è totale-istantanea, come succede poi che la distanza esplosiva non è mai maggiore, ma sempre minore di quella della macchina elettrica, con cui venne caricata la bottiglia? — Questa importantissima circostanza viene dai Fisici passata sotto silenzio forse appunto perchè assolutamente incompatibile ed inesplicabile colla teoria della scarica totale-istantanea. Imperocchè la riunione contemporanea di quantità si enormi d'elettricità contrarie e di gran lunga superiori a quelle del conduttore della macchina elettrica e dell' altro che gli viene appressato, diffuse sopra superficie, che possono essere uguali o di poco maggiori di quelle de' conduttori or menzionati, dovrebbero avere una tensione e per conseguenza anche una distanza esplosiva più grande di molto, che non quella della macchina elettrica. Questo fatto è per lo contrario necessaria conseguenza della scarica considerata come successivo-istantanea nel modo da me antecedentemente esposto. Infatti, poichè secondo la mia opinione, ogni singola delle scintille formanti la scarica non è che la riunione delle elettricità libere successivamente sviluppantesi sulle due armature poichè inoltre la massima tensione, che queste elettricità libere possono raggiugnere è uguale a quella del conduttore della macchina elettrica, la distanza esplosiva della bottiglia cioè la distanza fra A ed α e quella fra A' e B' non potrà mai essere superiore a quella della macchina elettrica. Ella sarà invece ordinariamente inferiore: imperciocchè soltanto quando la carica della bottiglia avesse raggiunto il limite massimo potrebbe la sua distanza esplosiva essere uguale a quella della macchina elettrica; ma siccome trascorre sempre qualche poco di tempo fino a che dalla carica si passa alla scarica, ciò deve cagionare una piccola perdita d'elettricità nell' aria; inoltre la scintilla fra A' e B' è una conseguenza dell' induzione fra A ed α, dove a motivo della distanza l'elettricità indotta in α deve essere sempre minore della libera di A: per queste ragioni anche nella carica limite e tanto più nelle altre meno forti la distanza esplosiva della bottiglia dovrà essere minore di quella della macchina elettrica. Ora se già la prima scintilla della bottiglia deve aver una distanza esplosiva minore di quella macchina elettrica, le seguenti non potranno

averla maggiore, essendo che le successive porzioni, come vedemmo, vanno sempre più diminuendo.

L' importante esperimento del celebre Wheatstone sulla velocità dell' elettricità ha indotto i Fisici ad ammettere in primo luogo, che la scintilla elettrica quindi anche la scarica abbia una durata, ed in secondo luogo che il movimento elettrico si propaghi nell' arco scaricatore con uguale velocità dalle due armature. Riguardo alla prima delle due cose suaccennate, egli è certo, che ammettere una durata nella scarica vuol dire riconoscere che questa avviene successivamente senza che con ciò ne sia noto il come ed il perchè. Spero dunque d'aver riempiuto colla presente memoria questa lacuna e d'aver fatto cosa utile alla scienza avendo posto in chiaro un fenomeno, il quale potrà forse contribuire allo sviluppo d'una teoria stabile dell'elettricità da ognuno ardentemente desiderata.

Dal complesso delle considerazioni fatte risulta evidente che, sia grande o piccolo, interotto o continuo, composto di buoni o cattivi conduttori il circuito, in ogni caso la scarica avvenendo successivamente dovrà aver sempre una durata: la natura del circuito potrà soltanto influire acciò questa durata sia maggiore o minore. Ora se supponiamo che il circuito composto del miglior conduttore sia assai corto, la sua resistenza, ovvero come Riess [1]) si esprime il valore del ritardo (Verzögerungswerth $= V$) prodotto dal medesimo potrà bensì essere considerato uguale a zero, ma non così la durata della scarica, avendo precedentemente dimostrato, che questa durata non dipende dalla maggiore o minore lunghezza del circuito o dalla sua natura, ma dal modo successivo, in cui la scarica avviene: perciò in questo caso essendo la resistenza del circuito ridotta a zero, la durata della scarica avrà il minimo valore possibile. Questa durata senza dubbio sarà assai breve, mai però nulla, essendo, necessario qualche lasso di tempo per il successivo sprigionamento di tutte le porzioni d'elettricità libere, che formano la scarica. Egli è adunque ben conseguente, che nella formola dedotta dal Riess [2]) per la durata della scarica

$$Z = (1 + bV)\, s = b\left(\frac{1}{b} + V\right)\frac{q}{y}$$

[1]) Riess. Opera citata. Vol. I, p. 410.
[2]) Ibidem. Vol. I, p. 411.

in cui Z esprime la durata, b una quantità costante, V il ritardo, s il numero delle bocce, q la quantità d'elettricità ed y la sua densità, per $V = o$ non sia $Z = o$, ma abbia un certo valore. Mi sembra perciò falsa o per lo meno non tale, che si fondi sulla vera ed unica causa di questa durata la spiegazione data dal Riess e riportata dal De la Rive per dimostrare che questo risultato non ha nulla d'assurdo (nichts Widersinniges) o di bizzaro (Cette conséquence, bizarre au premier coup d'oeil, ... [1]). Infatti quantunque la pressione e le saldature possano esercitare un influsso sulla durata, tuttavia in luogo di porre queste come cause uniche e prime, fa d'uopo attribuirne la vera causa al modo successivo, con cui procede la scarica.

In quanto al secondo risultato dedotto dall'esperimento di Wheatstone, che cioè il movimento elettrico si propaghi da ambidue le armature con uguale velocità, pensai che ciò si avrebbe potuto provare anche col trasporto di materia là dove scoccano le scintille. Feci a tale uopo degli esperimenti, e sebbene Masson, Hales, Wollaston, Fraunhofer, Wheatstone e Fusinieri ne abbiano fatto de'consimili, credo opportuno d'aggiugnere i miei, che per la loro semplicità e novità non che per le importanti conseguenze alle quali m'hanno condotto, mi sembrano capaci di destare interesse.

1. Ricoprii le due metà di fronte delle palle dello scaricatore di Henley di ceralacca sciolta nell'alcool ed ancor molle: per poter poi più facilmente giudicare del dupplice movimento contrario rivestii quella ch'era in comunicazione coll'armatura A di ceralacca rossa, e di nera l'altra in comunicazione coll'armatura B. Dopo la scarica trovai l'involucro della palla rossa squarciato in forma di piccolo disco nella parte più vicina alla palla nera e la cera di Spagna che lo ricopriva ripiegata tutt'all'intorno in forma di cresta o di corona. Sul dischetto metallico denudato osservai anche ad occhio nudo la parte media tutta punteggiata per essersi quivi staccate dalla palla particelle d'ottone, ed attorno un anello libero. — La palla nera mostrava uguale aspetto, eccetto che la parte punteggiata non era nel mezzo del disco denudato, ma un po'lateralmente.

2. Diedi alle palle un involucro di maggior spessore. Gli squarciamenti non erano questa volta affatto dirimpetto l'uno all'altro

[1]) De la Rive. Traité d'électricité. Vol. II, p. 167.

come nel primo esperimento. Il dischetto metallico sulla palla rossa era più piccolo, ma punteggiato nel mezzo come prima, la cera di Spagna poi non fu rovesciata all' intorno ma lanciata via, mentre la cera che circondava il dischetto denudato si era sollevata alquanto e formava un piccolo cerchietto. Dei filetti poi irregolari di ceralacca nera, saltati evidentemente dall'altra palla, si vedeano in parecchie direzioni sul rimanente dell' involucro rosso, come anche sotto della palla rossa sopra una carta, che aveva collocata sulla tavoletta sottoposta. — Sulla palla nera si scorgeva lo squarciamento, il disco punteggiato e tutto il resto come sulla palla rossa nel primo esperimento. Inoltre mi parve di distinguere con una lente dei punti di cera di Spagna rossa passata dall' altra palla.

3. Ricoperte le palle nella maniera ultimamente indicata e ripetuto l' esperimento il giorno dopo, quando cioè gl' involucri per l' evaporazione dell' alcool erano diventati più duri, osservai sulla palla rossa il dischetto metallico denudatovi punteggiato, come le altre volte, una parte dell' involucro tutto all' intorno sollevata, ed il pezzettino, che ricopriva il dischetto, lanciato, e rimasto aderente alla palla nera in sito alquanto lontano dal disco denudato su di essa. — Sulla palla nera era visibile soltanto la parte punteggiata del dischetto, mentre tutto all' intorno, nella parte che negli altri esperimenti appariva libera, la ceralacca si era soltanto sollevata.

4. Rivestite le palle ed avvicinate maggiormente, sulla palla rossa si denudò verso l' orlo dell' involucro, dove questo era più sottile, un dischetto punteggiato con anello libero, senza lasciar traccia della cera che lo ricopriva: non molto distante da esso osservai parecchi punti bianchi e verso il sito più vicino all' altra palla dei filetti di cera di Spagna nera. — Sulla palla nera invece lo squarciamento dell' involucro avvenne nel punto più vicino alla palla rossa in forma circolare, ma la porzione punteggiata appariva elittica. Oltre a ciò in vicinanza del dischetto osservai sull' involucro lateralmente una incavatura irregolare, la quale non s' approfondiva sino alla superficie metallica. Questa incavatura o buca venne probabilmente prodotta dall' urto del pezzettino di ceralacca rossa lanciato dall' altra palla.

5. Rinnovato l' involucro, scambiai di posto le palle mettendo la palla nera in comunicazione coll' armatura *A* e la rossa coll' armatura *B*, e fatta la scarica osservai che sulla nera la parte punteggiata

del disco denudato era rimasta coperta da un cono di cera di Spagna terminante al vertice in un filetto ripiegato sull' involucro esterno. Sul disco denudato oltre la parte punteggiata nascosta sotto la base del cono, vi erano da ambe le parti di essa due altri piccolissimi dischetti punteggiati più finamente. Sulla carta sottoposta trovai un pezzettino di ceralacca nera lanciato verso la palla rossa. — Sulla palla rossa non fu squarciato l' involucro in nessun sito, ma dal punto che più prossimamente corrispondeva alla parte scoperta sulla palla nera fino all' orlo dell' involucro osservai una serie di punti bianchi, come nell' esperimento IV, tutti verso una direzione, i quali mi richiamarono al primo momento l' idea della via lattea, e continuando nella stessa direzione in parecchi siti al limite dell' involucro dei piccoli dischetti punteggiati. Con una lente potei questa volta discernere con certezza su questa via lattea delle particelle d' ottone.

6. Rivestite tutte e due le palle per metà di ceralacca rossa, su quella in comunicazione coll' armatura *A* osservai lo stesso risultato come nell' esperimento I; sull' altra invece una via lattea con tutto il restante come nell' esperimento V.

7. Ricoprii d' un nuovo involucro di ceralacca rossa la palla in comunicazione coll' armatura *A*, lasciando invece all' altra il vecchio involucro più asciutto, il quale, come si vide, negli ultimi due esperimenti era rimasto illeso. Osservai sulla prima palla due squarciamenti con orlo bianchiccio, nessuno de' quali si trovava sul sito prossimo all' altra palla: inoltre sull' involucro della palla stessa si vedevano alcuni pezzettini di cera di Spagna. — Sull' altra palla nessun squarciamento e nuovamente una marcata ma corta via lattea verso il limite dell' involucro, dove si discernevano dei dischetti e filetti punteggiati.

8. Rivestii interamente ambedue le palle di ceralacca rossa ed osservai sulla palla in comunicazione coll' armatura *A* un piccolo squarciamento con dischetto punteggiato distante dal punto prossimo all' altra palla, la quale invece nel sito più vicino aveva un dischetto denudato ed in vicinanza di esso un pezzettino di ceralacca che, giudicando dalla grandezza, doveva essere quello lanciato dalla palla stessa.

Le parti punteggiate, che costantemente si osservano sopra tutte e due le palle, lo squarciamento irregolare degli involucri ed il lanciare dei minuzzoli di ceralacca provano a tutta evidenza:

1. che la scintilla elettrica anzicchè essere semplice è formata da una serie di scintille, altrimenti come una lamina di vetro colpita da una palla di fucile viene perforata regolarmente, così anche l'involucro dovrebbe venire squarciato in forma regolare, e le particelle metalliche staccate invece di tanti piccoli punti dovrebbero formare un disco;

2. che ogni scintilla è accompagnata costantemente da trasporto di molecole materiali, il quale negli esperimenti or ora esposti vien fatto in maggior quantità a motivo dell' ostacolo che trova l'elettricità nella ceralacca, uno fra i più cattivi conduttori. Tolto l'involucro questo trasporto potrà diventare minore, ma giammai nullo, restando sempre l'ostacolo dell' aria. In quest' ultimo punto mi trovo in perfetta contraddizione col Riess, nel quale leggo: „Una scintilla intacca una superficie metallica ben levigata, da cui vien tratta, la lascia invece illesa se non è levigata, specialmente poi se verniciata [1]." È noto e lo conferma lo stesso Riess [2], che le palle levigate, fra le quali si fanno scoccare delle scintille, soltanto dopo lungo uso mostrano delle piccole fossicine ovvero dei siti punteggiati per mancanza di materia. Ora negli esperimenti sopraenumerati una sola scarica basta a produrre questi siti punteggiati, quali appena una lunga serie di scintille potrebbe produrre, se le palle non fossero ricoperte dell' involucro di ceralacca. Ne viene dunque, che l'involucro anzicchè impedire lo staccamento ed il trasporto di particelle metalliche, lo favorisce ed aumenta. Se poi alla ceralacca si sostituisce una vernice ovvero se la superficie metallica non è tersa, ciò potrà soltanto influire affinchè lo staccamento delle particelle metalliche sia maggiore o minore, ma non potrà mai produrre l' effetto contrario cioè impedirlo. Ritengo perciò o che Riess abbia riportato esperienze illusorie d' altri fisici, ovvero che egli stesso si sia illuso;

3. che l' elettricità esce da tutte e due le palle. L'essere poi negli esperimenti VI, VII, VIII lo squarciamento dell' involucro succeduto soltanto sulla palla positiva non conduce ad inferire che

---

[1]) Riess. Opera citata. „Ein Funke verletzt eine reine Metallfläche, aus der er gezogen wird, lässt sie aber unverletzt, wenn sie unrein oder gar gefirnisst ist. Vol. II, pag. 235.

[2]) Riess. Opera citata. Vol. II, p. 121.

l'elettricità sia uscita da una palla soltanto, mentre le parti punteggiate che si osservano sempre su ambedue provano il contrario. Ciò invece non fa altro che confermare, come fu anteriormente dimostrato, il predominio in quantità dell' elettricità positiva sulla negativa, sicchè quest' ultima talvolta non ha forza bastante per squarciare l' involucro. — Questo predominio ci da ragione, se mal non m'appongo, de' seguenti fenomeni, che dal chiarissimo Matteucci trovo esposti con queste parole: „Interponendo dei corpi o coibenti leggieri e mobili fra le due palle dello scaricatore universale al momento della scarica, sempre si veggono questi attratti, gli uni alla palla positiva, gli altri alla negativa e poi respinti: queste attrazioni, che hanno certamente luogo in ogni caso di scarica, più forti per l'elettricità positiva che per la negativa, sono di certo la cagione prima per la quale la coesione dei corpi traversati è diminuita sulla via della scarica.

Descriverò ancora due altri effetti meccanici, di cui può difficilmente rendersi ragione, per la differenza che mostrano le due elettricità nel produrli. Mettete una pallina di legno o di midolla di sambuco, in una specie di canaletto fatto con due cannelli di ceralacca tenuti vicini, e a qualche distanza dalla pallina fissate le due punte dello scaricatore. In qualunque punto si collochi la pallina, nell' atto della scarica verrà sempre spinta verso la punta negativa.

L'altro effetto curioso è quello del movimento di una specie di molinello fatto da un turacciolo di sughero mobile intorno ad un asse, e fornito di tante ale o ventole di carta. Le due punte dello scaricatore si collocano precisamente l'una di faccia all' altra contro l'estremità dell' ala superiore, e a distanza eguale da questa. Facendo passare una serie di piccole scintille il molinello gira, e il movimento è sempre diretto dalla punta positiva alla negativa. Questo movimento si deve, per mio avviso, attribuire alle correnti dell' aria elettrizzata spinte dalle due punte dello scaricatore, e principalmente dalla punta positiva; ed infatti se contro la punta negativa tengo una lastra di vetro, si vede il movimento di rotazione farsi più rapido. Conviene dunque ammettere, che questa corrente d'aria elettrizzata esce con maggior impeto dalla punta positiva che dalla negativa [1]).“ Ammesso questo predominio in quantità dell' elettricità positiva, mi

[1]) Matteucci. Lezioni di Fisica, pag. 172.

pare che la spiegazione di tutti questi fenomeni venga da se. Se non che potrebbe sollevarsi un dubbio. Questo effetto maggiore prodotto dall' elettricità positiva deve realmente attribuirsi alla quantità maggiore e non forse a quella differenza, che si osserva fra le due elettricità? Per porre in chiaro questa questione caricai con una macchina elettrica alla Winter l' armatura interna d'una batteria di quattro bocce d' elettricità negativa dissimulata e libera, mettendola in comunicazione col conduttore dei cuscinetti, su cui questa macchina permette di raccogliere l' elettricità negativa, lasciando l' armature esterna, come prima, in comunicazione col suolo — e questa qualità di carica nominerò in avvenire per brevità *inversa*. — Trovandosi in questo modo l' elettricità negativa in condizione uguale a quella della positiva nell' altra qualità di carica, — che in seguito chiamerò *diretta* — se que' fenomeni dipendono dalla quantità e non dalla natura dell' elettricità, essi dovrebbero ora esser prodotti dalla punta negativa. Feci l' esperimento della pallottolina di midolla di sambuco collocata fra le due palle ed osservai, che colla carica diretta essa veniva costantemente respinta con maggior forza dalla punta positiva e colla scarica inversa dalla stessa punta, che era negativa. Avrei ripetuto anche l' esperimento del molinello, ma pur troppo mi mancano i mezzi per dargli quella sensibilità di rotazione, che è necessaria per questo esperimento. Sono nulladimeno sicuro, che chi più fortunato di me avrà i mezzi per ripeterlo anche colla scarica inversa, troverà confermata la mia opinione.

Nel dimostrare la differenza che passa fra la scintilla elettrica e l' arco voltaico, il De la Rive porta come criterio principale di questa differenza il seguente: „L' étincelle diffère de l' arc voltaïque, avec lequel elle a du reste beaucoup de rapport, en ce qu' elle est le résultat de la réunion instantanée des deux électricités, tandis que l' arc est produit par leur réunion continue, de sorte qu' on peut regarder l' arc comme composé d' une série d' étincelles qui se succèdent très-rapidement [1])." Secondo l' opinione da noi esposta, dovendosi considerare anche la scintilla della bottiglia come una serie di scintille che si succedono con grandissima velocità, risulterebbe illusoria la differenza suindicata fra la scintilla elettrica e l' arco voltaico e si avrebbe per lo contrario una valida ragione di

[1]) De la Rive. Opera citata. Vol. II, p. 143.

più per sostenerne l'identità, per la quale propende anche il De la Rive. Vale lo stesso per la scintilla della macchina elettrica, di cui è provato e fu anche ultimamente confermato dal Fabbri[1], che la scintilla è formata da diverse striscie luminose, le quali si congiungono alle estremità, inclinandosi le une sulle altre di angoli più o meno acuti, in guisa di formare tutto assieme una linea spezzata[1]." Faraday e Wheatstone poi dimostrarono, che il fiocco consiste di scariche successive ed intermettenti. Ma ad ogni intermittenza od imperfetta continuità convien ammettere una scarica parziale, cioè una scintilla, quindi fa d'uopo considerare anche la scintilla della macchina elettrica ed il fiocco qual prodotto d'una serie di scintille.

Colla scarica successivo-istantanea si possono spiegare, se mal non m'appongo, tutte le particolarità, che si osservano nell' esperimento del buca-carta, particolarità le quali non furono fino ad ora spiegate, sebbene per la loro importanza teorica abbiano occupato molto i Fisici. A tale uopo devo premettere quanto segue. — Sembrandomi giusta e naturale la teoria di Faraday sull' induzione, non credo possibile il passaggio delle scintille attraverso un corpo senza che questo non ne provi un influenza o polarizzazione, tanto più che le due estremità A' e B' essendo cariche d'elettricità contrarie tendono a polarizzare le molecole nello stesso senso, di modo che le forze polarizzanti si sommano. Specialmente dopo il bellissimo esperimento dell'illustre Matteucci colle lamine di mica, mi sembra, che la polarizzazione elettrica delle molecole fu messa fuor di dubbio. — Partendo da quest'idea consideriamo anzitutto il caso, che le due punte A' e B' stieno dirimpetto e fra di esse vi abbiano una o più carte da giuoco. E per primo esaminiamo quello che deve succedere dalla parte di A'. — L'elettricità di A' elettrizza per influenza cioè polarizza le molecole della carta e le più vicine con maggiore intensità, attirando in ognuna verso di sè l'elettricità negativa e respingendo la positiva. Questa ripulsione è minore dell' attrazione, essendo constatato dagli esperimenti di Coulomb, che le attrazioni e ripulsioni stanno in ragione inversa del quadrato delle distanze. Nello stesso tempo in ognuna di queste molecole l'elettricità negativa di B' respinge verso A' l'elettricità negativa ed attrae verso di sè l'elettricità positiva. Risulta da ciò, che le elettricità libere delle due

[1]) Fabbri. Il Nuovo Cimento-Giornale di Fisica ecc. 1858. Marzo, pag. 183.

estremità A' e B' concorrono a polarizzare in modo uguale le molecole della sostanza frapposta. Siccome per altro la polarizzazione prodotta dall' elettricità negativa libera di B' a cagione della distanza non può essere che debole per le molecole prossime ad A' e di gran lunga inferiore a quella prodotta da A', ne viene di conseguenza che per la vicinanza e quantità maggiore d'elettricità deve predominare la polarizzazione causata dall' elettricità di A'. Ma questa, come poc' anzi dicemmo, attrae con più forza l'elettricità negativa di quello che respinga l'altra d'ugual nome: si avrà dunque per risultante di queste quattro forze una forza d'attrazione di A' verso l'elettricità negativa delle prossime molecole di carta. Se deve ammettersi come risultante una forza in direzione verso A', non perciò le altre tre forze potranno dirsi superflue. Che realmente sia necessaria pel perforamento la cooperazione dell' elettricità di B', ne abbiamo una prova in ciò, che aumentando il numero delle carte e con ciò la distanza fra le due punte, si arriva ad uno spessore attraverso il quale non si effettua il perforamento nemmeno in parte. Dovendo la polarizzazione prodotta da A' sulle molecole prossime essere l'istessa di prima, la causa per cui ora non avviene il perforamento convien cercarla nell'impotenza dell'elettricità di B' a polarizzare sufficientemente a sì grande distanza le molecole prossime ad A'. Ora per la difficoltà anzi per l'impossibilità, come si suol ammettere, che ha l'elettricità nei cattivi conduttori d'abbandonare le molecole materiali, deve succedere, che le molecole della superficie, che si trovano in contatto con A' e le prossime all' intorno si stacchino dalle altre per unirsi coll' elettricità contraria di A' e neutralizzarla. Che poi la separazione delle molecole dal rimanente de corpo dipenda specialmente dalla ragione or ora addotta, lo vediamo nel fatto, che i migliori conduttori, come p. e. l'argento, il rame non possono essere alterati se non da elettricità di gran tensione, perchè in essi l'elettricità attratta abbandona facilmente il conduttore senza trascinar seco le molecole materiali, e che se il cattivo conduttore è un corpo assai duro come p. e. il vetro, il perforamento riesce molto più difficile. — E' chiaro che come la prima porzione dell' elettricità positiva libera di A' produsse il distacco delle molecole più vicine, così anche la seconda porzione produrrà un effetto analogo. Questa e così pure le successive porzioni separeranno le molecole posteriori alle prime sulla retta che congiunge A' con B' e le laterali

prossime ma non le distanti. Imperciocchè su quelle quasi tutte le forze agiscono perpendicolarmente quindi con tutta l'intensità, che corrisponde alla quantità d'elettricità ed alla relativa distanza delle molecole da A' e B', mentre queste forze agiscono obbliquamente sulle laterali distanti, le quali oltre a ciò se da una estremità si trovano ad uguale distanza che quelle in linea retta, dall'altra invece vengono a stare a distanza maggiore, per la qual cosa anche la loro polarizzazione deve essere minore. Che poi l'obbliquità stessa diminuisca l'intensità delle forze risulta da ciò, che ognuna di queste forze obblique può esser decomposta in una componente verticale, che viene distrutta dall'impenetrabilità della materia, ed in una orizzontale, la quale non può avere da sola che la forza necessaria a produrre la separazione soltanto delle prossime molecole laterali, mentre per le altre più laterali più lontane, per la distanza maggiore e per l'obbliquità stessa, che fa diventar sempre minore questa componente orizzontale, essa diminuisce tanto, che non può staccarle. Le successive porzioni dell'elettricità libera di A' dovendo dunque esercitare la loro influenza sopra molecole, che giaciono nell'istessa direzione di quelle già staccate, ma che sono più distanti, le polarizzeranno con intensità sempre minore e perciò si arriverà ad un punto in cui la polarizzazione sarà sì debole da non poter produrre il distacco d'altre molecole. Questo punto per altro non sarà esattamente nel mezzo dello spessore delle carte, ma lo oltrepasserà di qualche poco, essendochè, come dimostrammo, l'elettricità positiva si trova in quantità maggiore della negativa. Se non che le molecole più distanti da A' vengono a stare più vicine a B'. Siccome poi evidentemente le successive porzioni dell'elettricità negativa libera di B' agiranno in modo del tutto analogo alle positive di A', così da quel punto, in cui queste ultime non avranno l'intensità necessaria per separare altre molecole nella propria direzione, potranno le successive porzioni d'elettricità negativa di B' staccare delle molecole in direzione verso B'.

Da questa spiegazione del perforamento, la quale consegue necessariamente dalla scarica risguardata come successivo-istantanea, è chiaro che siccome le elettricità agiscono con maggiore intensità sulle molecole più vicine alle estremità A' e B', così quivi dovrà staccarsene un maggior numero ed essere inoltre visibile la direzione verso quelle estremità come realmente si osserva sugli orli dei fori.

Per tal modo il perforamento avrà l'aspetto che produrebbe una forza, la quale risiedesse all' incirca nel mezzo dello spessore delle carte e fosse ripulsiva in due direzioni diametralmente opposte. Così sarebbe spiegata l'osservazione che si fa ogni qualvolta si ripete questò esperimento, di cui Jamin fa menzione colle seguenti parole: „. . . . . le trou qui est produit a ses bords relevés sur les deux faces, comme si la matière de la carte avait été soulevée et repoussée dans les deux sens à la fois [1])." Il De la Rive poi così ne parla: „On remarque aussi que le trou présente des deux côtés également des bavures, comme si le fluide électrique était parti du milieu de la carte pour sortir par ses deux faces en même temps. Ce fait assez extraordinaire a beaucoup occupé les physiciens; il paraît tenir à ce que la décharge électrique ne se fait pas réellement par un mouvement de translation fini, mais bien par une série de petits mouvements vibratoires moleculaires [2])". Da queste parole convien arguire, che lo stesso De la Rive non è persuaso, si possa considerare la scarica come una riunione totale-istantanea delle due elettricità accumulate sulle armature, la quale sia accompagnata da un effetto meccanico sul corpo frapposto senza alterazione dell' equilibrio elettrico nelle molecole di questo, ma propende a ritenere il perforamento qual conseguenza d'una serie successiva di piccoli impulsi sulle molecole. Come si debba interpretare questa opinione del De la Rive, la quale fino ad un certo punto s' avvicina alla nostra, l'abbiamo di già dimostrato.

Passiamo ora a considerare il caso in cui le due punte non stanno dirimpetto. — I Fisici sostengono, che allora il perforamento succeda sempre in contatto o vicino alla punta negativa. Ecco come s' esprime il Matteucci: „Se la carica non è molto forte e le due punte non sono di contro, il foro che se ne ottiene è costantemente sulla punta, che è a contatto dell' armatura esterna o carica d'elettricità negativa [3])." E più sotto: „....., certo è che nell'aria alla pressione ordinaria il perforamento della carta avviene costantemente in contatto della punta negativa, e può adoperarsi con sicurezza questo mezzo per riconoscere la natura dell' elettricità che appartiene

[1]) J. Jamin. Cours de Physique de l'école polytechnique. Vol. I, pag. 448.
[2]) De la Rive. Opera citata. Vol. I, pag. 119.
[3]) Matteucci. Lezioni di Fisica. Pag. 171.

all' una e all' altra punta. Il qual fatto non è ancora spiegato, e merita una considerazione particolare, come lo meritano tutti quelli che mettono fuor di dubbio una differenza fra le due elettricità". Jamin poi fa cenno di questo fenomeno colle seguenti parole: „Le trou est toujours plus rapproché de la pointe négative que de la positive . . . [1]" e Riess [2]) sostiene parimenti che il foro succede sempre in vicinanza della punta negativa. — La spiegazione di questo fenomeno è senza dubbio assai difficile, credo peraltro che se fino ad ora non si riuscì a spiegarlo, ciò non debba attribuirsi alla sola difficoltà, ma ben anco alla circostanza, che su questo punto i Fisici ritengono come incontestabili certi fatti, dei quali con opportuni esperimenti mi sono convinto, che non si possono adottare per veri in tutti i casi, come mostrerò in seguito. Basandomi sull'esposta teoria della scarica successivo-istantanea e su alcuni esperimenti da me fatti i quali, se non vado errato, fanno conoscere il vero punto di vista sotto cui si deve considerare questo fatto, mi proverò a darne dettagliata spiegazione. E prima di tutto esaminiamo *in generale* dove dovrà succedere il perforamento. Se la carica della batteria è diretta, nel procedere alla scarica l'elettricità positiva libera d'ogni singola scintilla arriva sulla punta A' un istante prima, come vedemmo, che l'elettricità negativa libera sulla punta B'. Per questa circostanza, uscita di già una parte dell' elettricità positiva dalla punta A' e diffusasi ugualmente all' intorno in tutte le direzioni nell'aria e specialmente sulla superficie della carta, allora appena giunge l'elettricità negativa libera sulla punta B'. L'elettricità positiva continuerebbe a propagarsi in egual quantità in tutte le direzioni, se sulla punta B' non pervenisse l'elettricità negativa, la quale l'attrae verso di sè. Ma anche l'elettricità positiva alla sua volta attrae la negativa, la quale trascorrendo sulla superficie della carta dovrà parimenti portarsi verso A'. Queste due elettricità contrarie dovranno dunque muoversi incontro, finchè verranno a trovarsi l'una rimpetto all' altra. Trovandosi esse in questo sito alla minima distanza possibile esercitano vicendevolmente la massima attrazione e per conseguenza anche il perforamento dovrà succedere in quel sito medesimo,

---

[1]) Jamin. Opera citata. Vol. I, pag. 448.
[2]) Riess. Opera citata. Vol. II, pag. 9.

come se ivi fossero dirimpetto le due punte. E vaglia il vero, quando le due punte sono collocate di fronte, le successive porzioni d'elettricità, che per mezzo di esse arrivano sempre nello stesso sito, polarizzano e staccano successivamente le molecole in quell'istessa e non in altra direzione e la polarizzazione accompagnata da distacco di molecole è la vera ed unica causa del perforamento, mentre le punte colla loro forma servono soltanto di veicolo per condurre l'elettricità sempre nello stesso sito e per facilitarne l'uscita. Ne viene, che il perforamento avrà luogo sempre là dove le due elettricità si troveranno di fronte, indipendentemente dalla circostanza se là pure vi sieno tutte e due le punte ovvero una sola od anche nessuna. — Perchè poi colla scarica diretta il perforamento, se la carica è debole, succeda in contatto della punta negativa, e se è forte più vicino ad essa che alla punta positiva credo possa darsi ragione colle seguenti considerazioni. Prima di tutto, convien riflettere che dell'elettricità positiva, la quale arriva per la prima sulla punta A', una piccola parte si diffonde in tutte le direzioni nell'aria, e l'altra molto maggiore sulla superficie della carta. Su quest'ultima l'elettricità positiva si dilaterà in forma circolare e stando le superficie de'circoli fra di loro in ragione diretta del quadrato de'raggi, la densità dell'elettricità positiva a partire dalla punta A' andrà diminuendo in ragione inversa del quadrato delle distanze dalla punta e così non molto lungi da essa l'elettricità diffusa avrà densità e tensione molto minore che sulla punta stessa. Per questa ragione quando la carica è debole, l'elettricità positiva già diffusa non può esercitare che una forza d'attrazione assai piccola verso la negativa nel momento in cui questa arriva in B', la quale per lo contrario in quell'istante eserciterà un attrazione molto maggiore sull'elettricità positiva. Questo predominio della forza d'attrazione della punta negativa dovrà portar per conseguenza, che l'elettricità positiva, scorrendo sulla superficie della carta, si porti in maggior quantità verso la punta negativa che in altre direzioni. L'elettricità negativa poi di B' non potrà diffondersi che poco o nulla, perchè trattenuta dalla positiva che tosto le arriva dirimpetto. Valendo lo stesso ragionamento per ogni successiva porzione, ciascuna polarizzerà e staccherà delle molecole in quella posizione, nel prolungamento cioè della punta negativa, come se ivi fossero ambedue le punte. — Se invece la carica è forte allora l'elettricità positiva sebbene diffusa possederà

tanta densità e tensione da poter attrarre verso di sè l'elettricità negativa all' istante in cui questa arriva in *B'*. Siccome peraltro quest'ultima può cominciare appena adesso a diffondersi, così resterà sempre più densa della positiva ed eserciterà perciò un attrazione maggiore verso di essa. L'incontro dunque di queste due elettricità sulle superficie opposte della carta avrà luogo sempre in un sito più vicino alla punta negativa che alla positiva e lì stesso dovrà succedere con maggior intensità la polarizzazione ed il conseguente perforamento. Ecco un esperienza a valida conferma di questa opinione. Basandosi tutta questa mia spiegazione sulla circostanza che l'elettricità positiva libera dell' armatura interna arriva alla punta *A'* prima dell' elettricità negativa sulla punta *B'*, per la qual cosa quella si è già diffusa allorquando questa appena perviene alla sua punta, pensai fra me e me, che, caricando la batteria inversamente, l'elettricità negativa dovrebbe essere quella che arriva la prima sulla punta *A'* e la prima che si diffonde, e che quindi per ragione analoga il perforamento dovrebbe succedere questa volta in contatto o prossimamente alla punta positiva cioè a *B'*. E con quella soddisfazione che prova ognuno nel veder confermata dall' esperienza la propria opinione, osservai che il perforamento succedette realmente in contatto della punta positiva. Ma in Fisica una teoria si eleva a certezza, quando viene confermata da esperienze, a fare le quali ella stessa da eccitamento: mi giova perciò sperare, che le mie vedute sieno fondate sulla verità. Ripetei più volte l'esperimento con una batteria di quattro bocce e dai risultati ottenuti variando le circostanze dovetti conchiudere che, quando la batteria è caricata inversamente, se la carica è abbastanza forte e le due punte poco distanti, il perforamento avviene costantemente in contatto o prossimamente alla punta positiva, mentre di mano in mano che la carica diminuisce o la distanza fra le due punte aumenta, il perforamento s'allontana dalla punta positiva tanto, che anche in questo caso può succedere in contatto della punta negativa. — Questo risultato opposto sulla posizione del perforamento, nella carica inversa rispetto alla diretta, che viene prodotto dall' intensità della carica, mi sembra che debba essere attribuito alla seguente ragione. E' provato dal bell' esperimento del celeberrimo Faraday colle forchette, dalle figure di Lichtenberg e da molti altri fatti, che nell' aria in tempi uguali l'elettricità negativa va perduta in maggior quantità della

positiva. Questa perdita maggiore, che soffre l'elettricità negativa in confronto della positiva, fa sì, che, quando la carica è forte e le punte poco distanti, l'elettricità negativa delle singole porzioni, dopo la diffusione, corrisponda in quantità a quella dell'elettricità positiva nella carica diretta e debole, per conseguenza il perforamento dovrà succedere, per la ragione allora addotta, parimenti in contatto di *B'* cioè della punta che ora è positiva. Quando poi la carica è debole, la quantità assoluta d'elettricità d'ogni singola porzione poca già per sè, dopo la perdita sofferta nell'aria e dopo la diffusione avvenuta sulla superficie della carta, sarà diventata sì infinitamente piccola da poter esser considerata come nulla. Imperciocchè la diffusione oltre al diminuire la densità e tensione dell'elettricità, le fa subire una nuova perdita nell'aria per i molti punti di contatto, nè quali viene a stare con essa: perdita la quale riesce più grande, perchè l'elettricità negativa non viene trattenuta dalla contraria dell'altra superficie, non essendo questa ancora ivi arrivata. Nell'istante dunque in cui l'elettricità positiva giungerà in *B'*, essa si diffonderà nello stesso modo come nella scarica diretta, quando essa era la prima a pervenire sulla punta *A'*. Frattanto sulla punta *A'* arriverà una seconda porzione d'elettricità negativa, la quale non andrà del tutto perduta, perchè viene attratta dall'elettricità contraria, che ora trovasi diffusa sulla superficie opposta. Questa seconda porzione d'elettricità negativa della punta *A'* viene a stare nella stessa condizione, in cui si trovava la prima nella scarica diretta sulla punta *B'*, quindi per lo stesso motivo dovrà succedere il perforamento in contatto della punta negativa cioè di *A'*. — Ad una ragione del tutto consimile convien attribuire l'influenza della distanza delle punte sulla posizione del perforamento nella scarica inversa. Ritengo perciò superfluo dar spiegazione del perchè il perforamento succeda in contatto ovvero assai vicino alla punta negativa tanto con una carica debole che con una forte se le punte sono alquanto distanti. — Fra questi due casi e tremi della carica debole e forte, ne' quali il perforamento avviene in contatto d'una delle due punte, si trovano gli altri casi d'una carica media, colla quale il perforamento si osserva in mezzo fra le due punte o secondo le circostanze più vicino all'una che all'altra. Convien però notare, che il sito in cui avrà luogo il perforamento, oltre che dalle due circostanze summenzio-

nate, vale a dire dall' intensità della carica e dalla distanza delle due punte, dipende, tanto nella carica diretta che nella inversa, anche da alcune altre, fra le quali le principali sarebbero, la qualità e natura sì del circuito che della superficie del corpo frapposto alle punte, dallo spessore di quest' ultimo, dall' umidità dell' aria e talvolta, per esprimermi col Du Moncel, v'influiscono anche „les caprices si bizarres, et quelquefois les anomalies si complexes du fluide électrique [1])". — Da tutto ciò risulta essere erronea anzi falsa l'asserzione dei Fisici, che il perforamento succede sempre in contatto della punta negativa o più vicino a questa che alla positiva, avendo io dimostrato come si possa ottenerlo anche in contatto della punta positiva o più vicino a questa che alla negativa. Sono parimenti costretto a dichiarare inesatta, presa nella massima generalità, la seguente attestazione del Matteucci: „Je me suis assuré d' avance, en variant les conditions de cette experience (de Lullin), que, dans l'air, le trou se forme toujours en contact de la pointe qui communique avec l'armature externe de la bouteille [2])". Questo fenomeno preso, come dissi, nella sua espressione generale mi sembrava incompatibile colle mie vedute: e me ne convinsi quando per esaminarlo, isolata la batteria, caricai l'armatura esterna d'elettricità positiva dissimulata e libera, mettendola in comunicazione col conduttore ordinario della macchina elettrica, e l'interna di sola dissimulata negativa tenendola in comunicazione col suolo. Il perforamento con questa qualità di carica avvenne costantemente in contatto della punta, ch'era in comunicazione coll' armatura interna.

Finora abbiamo considerato i fenomeni che, secondo le circostanze, si osservano nel perforamento di una o più carte da giuoco, d'un corpo cioè che per il suo spessore e per la sua poca conducibilità offre una resistenza alquanto grande. Passiamo ora ad indagare se facendo passare la scarica attraverso un semplice foglio di carta da scrivere si ripetano gli stessi fenomeni senza nessuna differenza. — Quando fra le due punte erano frapposte carte da giuoco la prima porzione delle due elettricità, sebbene non potesse produrre un foro, nulladimeno avea la forza di staccare da ambe le parti un certo numero di molecole e ciò ogni qual volta lo spessore era tale da per-

[1]) Th. du Moncel. Exposé des applications de l'électricité. Vol. I, pag. 50.
[2]) Matteucci. Cours spécial sur l'induction ecc. Pag. 88.

mettere che alla polarizzazione delle molecole d'una superficie vi concorresse anche l'influenza dell'elettricità contraria, che trovavasi sulla superficie opposta. Siccome poi per questo distacco lo spessore diveniva piu piccolo, così la seconda porzione d'ognuna delle due elettricità dovea portarsi nel sito in cui furono staccate le molecole, perchè là per la maggior vicinanza la loro reciproca attrazione potea più energicamente svilupparsi e là polarizzare anche adesso le molecole in modo da staccarne delle altre. Le successive porzioni continuavano in egual modo a strappare molecole nella stessa direzione, finchè ne risultava il perforamento totale delle carte. Siccome molte porzioni erano necessarie per produrre il foro, e siccomo esse, come si sa, vanno sempre più diminuendo in quantità e tensione, così quelle porzioni che giungevano dopo il perforamento non poteano avere la forza di staccare molecole ad una distanza uguale a quella dello spessore delle carte, se non nel caso d'una carica assai forte e per conseguenza non poteano nemmeno dar origine ad un altro foro. Anche queste doveano dunque dirigersi verso il sito dove il perforamento era già succeduto e lì staccare le molecole sulla periferia del foro, con che questo diventava sempre più grande. Se invece fra le punte è collocato un solo foglio di carta da scrivere, essendo il suo spessore e quindi anche il numero delle molecole, che devono essere allontanate per produrre un foro, molto piccolo, basterà soltanto l'azione della prima o d'alcune poche porzioni d'ambidue le elettricità per produrre il perforamento. Potrà dunque benissimo succedere, che le porzioni immediatamente successive al perforamento possano aver la forza di polarizzare le molecole in un altro sito in modo da cagionare quivi un secondo foro. Per l'istessa ragione, se la carica è forte assai, si dovranno ottenere attraverso un semplice foglio di carta nell'aria alla pressione ordinaria tre, quattro e più fori, e due fori perfino attraverso una o due carte da giuoco. Noi dimostrammo antecedentemente che la posizione del foro dipende dall'intensità della carica; ora siccome le successive porzioni vanno diminuendo in quantità, il che è lo stesso, come se esse fossero le prime d'una carica più debole, in ciò si trova la ragione de' diversi siti ne' quali si osservano questi fori. Io ottenni questa moltiplicità di fori colla massima facilità attraverso un foglio di carta nell'aria alla pressione ordinaria con una batteria di quattro bocce ed un pajo di volte ottenni un doppio foro anche

attraverso una o due carte da giuoco. Ripetei pure gli esperimenti nell' aria rarefatta e trovai che in questa il numero dei fori era ordinariamente maggiore di quello che alla presione ordinaria. Nè altrimenti poteva essere. Le elettricità trovano nell' aria un ostacolo, che esse devono superare; oltre di ciò una parte della loro forza viene impiegata a polarizzare le molecole stesse dell' aria. Essendo tutte e due queste cause diminuite nell' aria rarefatta, è ben naturale che il numero de' fori risulti maggiore. Stupisco quindi, come mai i Fisici non facciano menzione di questa moltiplicità, ma parlino sempre d'un unico foro sì alla pressione ordinaria che nell' aria rarefatta. Il solo Matteucci descrive nel modo seguente questo fenomeno della moltiplicità di fori, che egli osservò soltanto nell' aria rarefatta. „Tremery ha trovato che facendo quest' esperienza (di Lullin) nell' aria maggiormenta rarefatta, il foro si allontanava sempre più dalla punta negativa avvicinandosi all' altra punta. Preparando l' esperienze di queste lezioni, ho voluto ritentare la scarica attraverso della carta nel vuoto. Ma il risultato non fu esattamente quello ottenuto da Tremery. Io ho operato con una batteria di nove bocce ben cariche, tenendo le due punte distanti una dall' altra da 3 a 6 centimetri, e ridotta la pressione da 4 a 2 linee della colonna barometrica. E così facendo non ne è già venuto un solo foro, ma una serie di fori nell' intervallo fra le due punte. Quanto più la distanza, fra le punte cresce, tanto più i fori s' allontanano dalle punte. Nè tutti questi fori poi sono disposti lungo la linea retta, che congiunge le due punte, ma se ne formano anche lateralmente [1]).“ Riess [2]) invece riporta l' esperimento di Tremery senza far menzione di questa moltiplicità di fori e Jamin nel suo recentissimo trattato di Fisica dice parimenti in seguito alle parole, che di lui citammo più sopra, che „... il (le trou) est au milieu de leur (pointes) intervalle dans l' air rarefié [3]).“ Queste asserzioni opposte o per lo meno non concordi di Fisici sì illustri possono essere comprese in virtù della seguente osservazione, ch' io feci nel ripetere l' esperimento del buca-carta nell' aria rarefatta. Qualora si faccia passare la scarica attraverso un solo foglio di carta si verificano a puntino tutti i fenomeni osservati dal Matteucci, vale a dire molti-

[1]) Matteucci. Lezioni di Fisica. Pag. 171.
[2]) Riess. Opera citata. Vol. II, p. 10.
[3]) Jamin. Opera citata. Vol. I, p. 448.

plicità di fori e disposizione irregolare di essi su d'una linea differente dalla retta che congiunge le due punte. Aumentando il numero de' fogli di carta diminuisce quello de' fori, finchè si arriva ad uno spessore dipendente specialmente dall' intensità della carica e dal grado di rarefamento dell' aria, attraverso il quale succede un foro solo. Osserverò che nell' aria rarefatta non si può sostituire a più fogli di carta una carta da giuoco, perchè, per la piccola estensione di questa, le due elettricità scorrono lungo la superficie della carta non trovando quasi nessuna resistenza nell' aria e si neutralizzano senza produrre alcun foro. Per questa ragione ne' miei esperimenti adoperai dischi di carta d'un diametro uguale a quello della campana. Questa maggior facilità che hanno le elettricità nell' aria rarefatta di scorrere lungo le superficie della carta è causa, che, quando si fa passare la scarica attraverso parecchi dischi e si ottiene un unico foro, esso non succeda sempre precisamente o quasi in mezzo della retta che congiunge le due punte, ma tal fiata assai lateralmente. Così p. e. io l'ottenni una volta ad una distanza laterale all' incirca doppia di quella fra le due punte.

Qui mi cade in acconcio di far parola de' due fori che si osservano su d'una lamina di stagnuola quando si fa passare attraverso di essa la scarica d'una batteria. Il Matteucci così ne parla: „Se si fa passare la scarica attraverso ad una lamina sottile di stagno, si formano due fori che evidentemente, per la disposizinne de' loro contorni, appariscono prodotti da forze dirette in senso contrario: se però la scintilla scocca a gran distanza attraverso lo stagno, allora vedesi un foro solo. Il sig. Osann, il quale ha ripetuto molte esperienze su questo soggetto, ha trovato che nel caso di due fori fatti dalla scarica in una foglia metallica, il foro fatto dall' elettricità positiva è più grande di quello dell' elettricità negativa [1]).“ Io osserverò in primo luogo che non solo a piccole distanze, ma perfino ad una distanza delle punte d'un metro e 70 centimetri ottenni sempre due fori, d' onde credo sia lecito inferire, che a qualunque distanza la scarica attraverso una lamina di stagnuola produca due fori, uno in contatto della punta positiva e l'altro della punta negativa. Sulla grandezza poi de' fori si può andar facilmente soggetti ad illusione. Osservando dalla parte della punta positiva apparisce sempre più

[1]) Matteucci. Lezioni di Fisica. Pag. 172.

grande il foro, che sta a contatto con essa, e dalla parte della punta negativa apparisce maggiore quello che sta a contatto con questa: e ciò tanto nella scarica diretta che nella inversa. Quindi per poter decidere se realmente uno de' fori sia più grande fa d'uopo misurarli con istrumento addattato, e quando si trovasse esatta l'asserzione d'Osann s'avrebbe anche in ciò una prova della maggior quantità d'elettricità positiva nella carica diretta. L'aspetto finalmente de'fori e la distanza a cui si possono ottenere provano indubbiamente, che alla loro formazione viene impiegata soltanto l'elettricità di quella punta in contato della quale succedono. La seguente esperienza prova la verità della mia asserzione. Collocai tutte e due le punte dello scaricatore dall' istessa parte d'una lamina di stagnuola ed ottenni sempre due fori anche variando di molto la loro distanza. Se le elettricità di mano in mano che arrivano su ciascuna punta non fossero impiegate a polarizzare e quindi a staccare le molecole che stanno in contatto della punta su cui pervengono, esse dovrebbero scorrere lungo la superficie della stagnuola e neutralizzarsi senza produrre foro alcuno. Come poi possa bastare la sola elettricità di una punta per il perforamento risulta dalle seguenti ragioni. Quando fra le due punte era collocato un solo foglio di carta v'era bisogno della cooperazione di tutte e due le elettricità per polarizzare le molecole in modo sufficiente da cagionarne il distacco, e ciò perchè la carta è un cattivo conduttore. La stagnuola per lo contrario, se anche non de' migliori, è un buon conduttore, quindi è che ognuna delle elettricità che arriva alle punte potrà polarizzare le molecole sì fortemente, che esse per l'intensità di questa polarizzazione e per l'istantaneità con cui essa succede vengano staccate dalla lamina. In oltre le prime porzioni essendo superiori in quantità alle successive polarizzeranno e staccheranno un maggior numero di molecole tutto all' intorno della punta. Con che si spiega quella forma, dirò quasi, d'un tronco di cono che si osserva nei fori, colla base maggiore rivolta dalla parte della punta. Da questa spiegazione risulta anche evidente che la distanza fra le due punte non può influire acciò si formi un solo o due fori ma dovranno formasene sempre due, come realmente avviene. Riess [1]) solo, per quanto io mi sappia, tentò una spiegazione dell' esperienza del buca-

[1]) Riess. Opera citata. Vol. II, pag. 213.

carta quando le due punte non sono dirimpetto, ma la sua spiegazione oltre ad essere alquanto vaga, si basa sopra ipotesi sì debolmente giustificate e direi quasi gratuite, che non venendo avvalorata da esperimenti non può essere ammessa e sembra che realmente anche non lo sia stata. Ed a queste mie vedute non si potrà fare delle obbiezioni? Come ad ogni teoria, così anche a questa senza dubbio se ne potranno opporre; a me basta non per tanto d' aver dimostrati non sempre esatti certi fenomeni, che venivano tenuti per incontestabili, e riguardo alle teoria esposta sarei ben lieto, se mi fosse riuscito d' indicare il vero punto di vista, sotto cui si devono considerare questi fatti. — L'esperimento del buca-carta acquistò grande importanza, dacchè l' illustre Matteucci l'adoperò qual criterio per riconoscere la direzione delle correnti indotte. Non voglio punto dubitare, che i risultati e le deduzioni di Fisico sì rinomato non sieno esatte, nulladimeno avendo dimostrato come la posizione del foro dipenda da molte circostanze, le quali finora erano trascurate, e come l'attestazione del Matteucci stesso, che il foro avvenga sempre in contatto dell' armatura esterna non sia esatto in tutti i casi, sembrami desiderabile la ripetizione di que' esperimenti, ponendo mente a tutte quelle circostanze che influir potrebbero sulla posizione del foro e con ciò alla conclusione sulla direzione della corrente indotta.

Ecco come tutti i fenomeni esposti, che in differenti condizioni si osservano, si possano spiegare secondo me coll' aiuto della scarica, considerata come successivo-istantanea nel modo indicato, delle teoria sulla polarizzazione elettrica delle molecole e di quella di Faraday sull' induzione. — Colla teoria suesposta della scarica successivo-istantanea si potrà forse spiegare anche il cambiamento di direzione che si osserva nella scarica indotta variando le condizioni dell' induttrice. Marianini tentò bensì di spiegare il fenomeno, ma come osserva bene il De la Rive [1]) le ricerche di questo Fisico lasciano parecchi punti inesplicati, i quali credo anzi potranno difficilmente conciliarsi colla sua opinione. Quando il tempo ed i mezzi per fare gli esperimenti necessari me lo permetteranno, esporrò le mie vedute su quest' importantissimo argomento in altra memoria.

[1]) De la Rive. Opera citata. Vol. I, pag. 410.

XXIX. SITZUNG VOM 11. DECEMBER 1862.

Herr Hofrath W. Haidinger übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Pseudomorphosen von Glimmer nach Cordierit von Greinburg im Mühlkreise in Österreich ob der Enns".

Herr Hofrath Prof. J. Hyrtl hält einen Vortrag über den Bau der Fisch-Niere.

Herr Prof. C. Ludwig theilt die Resultate der von Herrn Dr. Hofmgren aus Upsala im Laboratorium der k. k. medicinisch-chirurgischen Josephs-Akademie ausgeführten Untersuchungen „über die Ausscheidung der Kohlensäure und des Sauerstoffes aus dem Blute" mit.

Herr Dr. E. Mach, Docent der Physik an der Wiener Universität, überreicht eine Abhandlung „über die Gesetze des Mitschwingens".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Almanach der österreichischen Kriegsmarine für das Jahr 1863. Herausgegeben von der hydrographischen Anstalt der k. k. Marine. II. Jahrgaug. Wien; 12°.

Annalen der Chemie und Pharmacie, herausgegeben von Friedr. Wöhler, J. Liebig und Herm. Kopp. N. R. Band XLVIII, Heft 2. Leipzig & Heidelberg, 1862; 8°.

— der königl. Sternwarte bei München. XI. Band. München, 1862; 8°.

Arcoleo, Gius., Sulla tubercolosi oculare e sui mezzi curativi. Palermo, 1862; 8°.

Atti dell I. R. Ginnasio Liceale ai S. S. Gervasio e Protasio in Venezia. Anno I° (1862—63). Venezia, 1862; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1395. Altona, 1862; 4°.

Austria. XIV. Jahrgang, XLIX. Heft. Wien, 1862; gr. 8°.

Bavaria, Landes- und Volkskunde des Königreichs Bayern, II. Band, I. Abtheilung. (Mit 2 Karten und einem Trachten-Bilde in Holzschnitt.) München, 1862; 8°. & Folio.

Bibliothèque Universelle de Genève: Archives des sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XV°, No. 58. Genève, Lausanne, Neuchatel, 1862; 8°.

Bond, G. P., On the Companion of Sirius. (From the Am. Journ. of Sc. & A. Vol. XXXIII.) 8°. — Account of the Comet II, 1861. (From the Advanced Sheets of the Am. Journ. Sci. For Sept. 1861.) 8°. — Continuation of the Account of the Comet II, 1861. (From the Am. Journ. of Sc. & A. Vol. XXXII.) 8°. — On the Outline of the Head of the Comet of Donati, 1868. (From the Proceed. of the Amer. Acad. Oct. 1861.) 8°. — On the Great Comet of 1844—45. (The Astron. Journ. Vol. I, No. 13.) 4°.

— W. C., On the new Ring of Saturn. (From the Astron. Journ. Vol. II, No. 1 & 2.) 4°.

— Wm. Cranch, William C. and Georg P., Occultations and Eclipses observed at Dorchester and Cambridge. (Communicated to the Academy, Aug. 12th 1846.) 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LV, Nr. 20. Paris, 1862; 4°.

Cosmos, XI° Année, 21° Volume, 23° Livraison. Paris, 1862; 8°.

Ehrenberg, C. G., Über die seit 27 Jahren erhaltenen Organisations-Präparate des mikroskopischen Lebens. (Abhandlungen der k. Pr. Akad. der Wissenschaften zu Berlin 1862.) Berlin; 4°.

Gesellschaft, Königl. bayerisch-botanische, zu Regensburg. Denkschriften. I. Band, 1. & 2. Abth. 1815 & 1818; II. Band, I. Abth. 1822; III. Band. 1841. Regensburg; 4°.

Harvard College: Annals. Vol. III. Cambridge, 1862; 4°. — Report of the Commitee of the Observers. 1859, 1860, 1861. Boston, 1860, 1861 & 1862; 8°. — Moon Culminations. 1859; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, herausgegeben von F. Vorwerk. Band XVIII, Heft 1. Heidelberg, 1862; 8°.

Land- und forstwirthschaftliche Zeitung. XII. Jahrgang, Nr. 35. Wien, 1862; kl. 4°.

Martius, Karl, Friedr. Phil. v., Über die Pflanzennamen in der Tupi-Sprache. (Bulletin der k. bayer. Akademie der Wissen-

schaften 1858, Nr. 1 — 6.) München, 1858; 4°. — Denkrede auf Johann Salomo Christoph Schweigger. München, 1858; 4°.

Pander, Christ. Heinr., Über die Ctenodipterinen des devonischen Systems. (Mit 9 Tafeln.) St. Petersburg, 1858; 4°. — Über die Saurodipterinen, Dendrodonten, Glyptolepiden und Cheirolepiden. (Mit 17 lithogr. Tafeln.) St. Petersburg, 1860; 4°.

Rothlauf, Kaspar, Über Vertheilung des Magnetismus in cylindrischen Stahlstäben. (Mit 1 Tafel.) München, 1861; 8°.

Safford, T. H., A Catalogue of the Declinations of 532 Stars near the Zenith of the Observatory of Harvard College. (From the Mem. of the Amer. Acad. N. S. Vol. VIII.) Cambridge, 1861; 4°. — On the Proper Motion of Sirius in Declination. (Astronomical Notices Nr. 28.) 8°.

Société Imp. de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. VIe Année, No. 7. Constantinople, 1862; 4°.

Wiener medicinische Wochenschrift. XII. Jahrgang, Nr. 49. Wien, 1862; 4°.

Worms, Henry, The Earth and its Mechanism. London, 1862; 8°.

Pseudomorphose von Glimmer nach Cordierit von Greinburg im Mühlkreise in Österreich ob der Enns.

Von dem w. M. W. Haidinger.

Ein neuer Fund veranlasst mich, noch einmal ein Wort in Bezug auf die Geschichte der nach Cordierit bekanntlich so häufig vorkommenden zahlreichen Pseudomorphosen zu sagen.

Vor wenigen Tagen brachte ein Steinmetz Joseph Blechinger von Ardacker im Donauthale eine Anzahl Stücke Quarz und körniges Feldspathgestein mit den so wohlbekannten, auf den ersten Blick dem Pinit so ähnlichen Körpern, Krystallformen, aber mit fremdartiger Masse, an die k. k. geologische Reichsanstalt. So wenig sich an diese Stücke ein innerer Werth knüpft, so waren sie in wissenschaftlicher Beziehung um so anregender, als die Natur derselben uns von Erscheinungen dieser Art die nächste an unserem Wien zu geben versprach, die gewiss bei fernerer Ausbeutung noch manches werthvolle Ergebniss voraussehen lässt.

Mir selbst musste der Gegenstand namentlich hohes Interesse gewähren. In der langen Reihe meiner mineralogischen Studien hatte er mich abwechselnd vielfältig beschäftigt, und ich darf wohl sagen, nicht erfolglos.

Kaum gibt es Verhältnisse, welche mehr geeignet wären, den aufmerksamen Forscher in Verlegenheit zu setzen, als jene Beispiele, wo man grosse gut gebildete Krystallformen antrifft, deren innerer Bestand offenbar nicht mit dem Äussern übereinstimmt, Formen ohne denselben entsprechendes krystallinisches Gefüge!

Der Ausgangspunkt meiner eigenen Betrachtungen war der Besuch der Halde von Eric Matts Grube bei Fahlun. Dort gab es die mannigfaltigsten „Fahlunite", die braunen, weichen, amorph in deutlichen sechsseitigen Prismen eingewachsen, mit einzelnen Flächentrennungen senkrecht auf die Axe, die grünen weichen, die harten braunen Fahlunite, aber die letzteren in merkwürdiger Weise von den grünen weichen in einer Weise umhüllt, dass der blosse

Anblick den Gedanken an eine spätere Umbildung von aussen hinein erregen musste, wobei doch keine grosse Ortsveränderung in den einzelnen Theilchen vorgefallen sein konnte. Es war dies im Sommer 1825 auf einer Reise, auf welcher ich Herrn Robert Allan begleiten durfte, den Sohn meines hochgeehrten verewigten Gönners Thomas Allan von Edinburg, und wofür ich demselben stets zu innigstem Danke verbunden bleibe, desto tiefer gefühlt, je mehr in dem späteren Lebensalter ich den hohen Werth erkennen muss, welchen das Wohlwollen jener edlen Männer für meine eigenen wissenschaftlichen späteren Erfolge besass. Zahlreiche Exemplare, zu späteren genaueren Studien bestimmt, wurden mitgenommen und nach Edinburg gesandt. Den Winter hatten wir in Berlin in anregendster Weise zugebracht. Erst gegen den nächsten Winter kamen wir wieder nach Edinburg, das ich sodann im Herbste 1827 verliess. Die Arbeit des Tages in den Obliegenheiten der Porzellan-Fabrication in Elbogen, entfernt von grösseren Sammlungen und lebhafterem wissenschaftlichen Austausch förderte neue Arbeiten wenig.

In Wien endlich, vom Frühjahr 1840 an, traf ich neue Gegenstände, neue Studien schlossen sich an. Auch in optischer Beziehung hatte der Cordierit in einer neuen Richtung hohe Wichtigkeit erlangt. Wie am Andalusit und Diaspor hatte ich auch hier, und überhaupt bei den orthotypen Krystallen die Orientirung pleochromatischer Farbenerscheinungen durch die dichroskopische Loupe nach den drei senkrecht auf einander stehenden Elasticitätsaxen nachgewiesen [1]). Nach der Krystallform orientirte ich die drei Farben der Cordierits zuerst nach einer krystallinischen Varietät von Arendal, von Herrn P. Debette, Ingénieur des mines in Paris uns freundlichst mitgetheilt. Auch die Krystallschalen, eine Bezeichnung, welche ich selbst vorgeschlagen, parallel der Basis der Krystalle, hatte ich zu genauerer Beachtung hervorgehoben und von dem vollkommen glasigen Bodenmaiser Cordierit bis in die Fahlunite, Chlorophyllite, Gigantolithe, Pinite verfolgt. Namentlich hatte ein Prachtstück von Chlorophyllit, im Besitze des Herrn k. k. geheimen Rathes Joseph Ritter von Hauer eine wahrhaft glänzende Bestäti-

[1]) Abhandlungen der königlich-böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften. Über den Pleochroismus der Krystalle. V. Folge, Band 3. Über den Cordierit 1845. V. Folge, Band 4.

gung der Ansichten geboten. Auch für die braunen Farbentöne des harten Fahlunits hatte ich die Orientirung nachgewiesen.

In Bezug auf Pseudomorphie wurden an den Cordierit die Körper angeschlossen, welche man unter mancherlei Namen bei den Mineralogen aufgeführt fand, Fahlunit, Weissit, Bonsdorffit *(Hydrous Iolite)*, Pinit, Oosit, Gigantolith, Chorophyllit, Esmarkit, Praseolith. Der Grundlage, der chemischen Erkenntniss gedenkend, welche werthvoll überall vorzüglich eine wahre Leuchte gibt, wo die vollständige Kenntniss der natürlichen Beschaffenheit der Körper fehlt, der Arbeiten der Berzelius, L. und Ch. Gmelin, v. Bonsdorff, Graf Trolle-Wachtmeister, Erdmann, Jackson, Rammelsberg, so wie der in nahe gleicher Richtung in einzelnen Fällen gehenden Ansichten von Dana und Tamnau hatte ich ein für die damalige Zeit neues und ziemlich umfassendes Bild der zusammengehörigen Erscheinungen entworfen [1]), entsprechend dem Gefühle, das Humboldt so schön in seinem Kosmos darstellt: „das Streben nach dem Verstehen der Welterscheinungen der höchste und ewige Zweck aller Naturforschung.“ I. Bd. S. 68.

Manche nahe verwandte Erscheinungen sind seitdem beschrieben worden. Ich gedenke unter anderen hier vorzugsweise des Scheerer'schen Aspasoliths. Es wird immer gänzlich unbegreiflich bleiben, wie sich diese Hülle um einen unveränderten Kern von Cordierit, welche amorph gerade den äussersten Umschluss der Form einnimmt, sich anders als durch den Vorgang wirklicher Pseudomorphose sollte gebildet haben. Ich glaube auch heute noch den Standpunkt einnehmen zu dürfen, wie in meiner früheren Mittheilung über den Aspasiolith als Pseudomorphose nach Cordierit [2]).

Die Veranlassung dazu, dass ein Atom Magnesia durch drei Atome Wasser nach meines hochverehrten Freundes Scheerer Theorie des polymeren Isomorphismus ersetzt werden konnte, nehme ich darin an, dass nach der vollständigen Bildung des Cordierits das ganze Gestein in eine veränderte geologische Stellung kam, in den Horizont oder doch näher demselben des Maximums

---

[1]) Über den Cordierit. Abhandlungen der königlich-böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften. V. Folge, 4. Bd. 1845.

[2]) Naturwissenschaftliche Abhandlungen. Gesammelt und durch Subscription herausgegeben von W. Haidinger. 1847. Band 1, Seite 79.

des Wasserdruckes. Von oben nieder, von der Erdoberfläche gegen das Innere der Erde zu steigt der Druck des Wassers. Aber aus dem Innern beginnend verwandelt die Glühhitze wieder Wasser in Dampf, und presst die letzte Schichte des noch nicht in Dampf verwandelten Wassers gegen die Rinde und Oberfläche zu. Ein Maximum muss dazwischen liegen, und muss in vielerlei Beziehung mächtig wirken auf die bis in dasselbe neu gelangten in früherer Zeit höher oder tiefer gelegenen Absätze oder Gesteine. An einem anderen Orte habe ich dieser Reactionshorizonte gedacht [1]). Ihre Betrachtung rundet wohl in vieler Beziehung das Verstehen der Vorgänge bei der Bildung wasserhaltiger Pseudomorphosen ab, wo das Wasser nämlich in den chemischen Verband mit den Stoffen gewissermassen eingepresst wird, welche früher den Raum erfüllten.

Die Pseudomorphose von Greinburg schliesst sich wohl am nächsten den früher Chlorophyllit und Gigantolith genannten Varietäten an, von welchen sie sich indessen doch auch wesentlich unterscheidet. Die Pseudomorphosen von dunkler, grünlichgrauer Farbe sind vollständig in Gebirgsgesteine eingeschlossen, und liegen auf einer Trennung zwischen grob- bis kleinkörnigem wenig durchscheinendem weissem Orthoklas und etwas durchscheinenderem graulichweissem Quarz. Gegen letztern zu sind die Krystallformen, den bekannten zwölfseitigen Prismen des Cordierits entsprechend, ganz gut ausgebildet und in der Richtung der Hauptaxe durch eine Fläche senkrecht auf dieselbe begrenzt. Gegen den Feldspath zu sind sie unvollständig und wie „aufgewachsen". Einzelne Krystalle sind bis zwei Zoll lang und über einen Zoll im Durchmesser.

Im Innern bestehen sie aus einem Aggregat von Glimmerblättchen, und zwar liegen diese parallel den ursprüglichen Krystallflächen des Cordierits, sowohl nach den Endflächen und den diesen Flächen parallelen Krystallschalen, als auch nach allen sechs Richtungen der beiden Diagonalen und der beiden rhombischen, der Axe parallelen Prismen. In einem von mir näher untersuchten Krystalle fand sich diese mehr regelrechte Lage nur auf eine Tiefe

[1]) Über die Metamorphose der Gebirgsarten. Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften. Band IV, S. 103 und 211.

von etwa drei Linien von der Oberfläche nieder, im Innersten lag ein Kern von ganz unregelmässig körnig gruppirten Glimmerblättern. Auch Feldspath und Quarztheilchen finden sich dann öfters im Innern. Es ist das wohl eine Andeutung, dass die Veränderung allmählich von der Oberfläche begann, dass sich wie beim Chlorophyllit erst Glimmerschuppen auf den Krystallschalen-Trennungen absetzen, so wie auf den senkrecht auf den ersteren stehende Trennungen nach den der Axe parallelen Flächen. Eine festere Richtung lässt sich vorzüglich auf den Basen verfolgen, weniger fest schliessen die einzelnen Glimmerflächentheile schon in den Seitenflächen aneinander, aber die ursprüngliche Spannung war wohl in den innersten Theilen schon gänzlich verschwunden und die Bildung der Glimmer-Individuen und selbst fremdartiger Körper, wurde gar nicht mehr durch bestehendes in der Art des Absatzes beeinflusst.

Bei der Untersuchung der Härte dieser Pseudomorphosen zeigt es sich, dass von dem ursprünglichen Cordierit, mit seiner Quarzhärte, keine Spur mehr übrig geblieben ist, indem sich überall nur die Härte von 2·5 — 3·0 auffinden lässt. Das specifische Gewicht fand ich = 2·646 bei 14° R., etwas geringer als bei einigen anderen Varietäten.

In Bezug auf das Vorkommen muss noch erwähnt werden, dass die Stücke, vorzüglich in den Theilen zwischen den Cordierit-pseudomorphosen und dem körnigen Feldspathgestein kleine bis 1 Linie grosse Leucitoide von röthlichbraunem Granat enthalten, hier und da ziemlich reichlich, einzeln in der körnigen Orthoklasmasse, so wie auch ganz einzeln eingesprengten Schwefelkies und Kupferkies.

Die Ausführung der chemischen Analyse verdanke ich meinem hochverehrten Freunde, Herrn Karl Ritter von Hauer. Folgendes ist das Ergebniss derselben:

	Bestandtheile	Sauerstoff-Verhältniss		
„Kieselerde	44·94	SiO_2	23·206	
Thonerde	24·90	Al_2O_3	11·626	15·580
Eisenoxydul und etwas Manganoxydul	13·18	Fe_2O_3	3·954	
Magnesia	2·64	MgO	1·056	
Kali	8·94	KaO	1·515	3·102
Natron	2·06	NaO	0·531	
Glühverlust	2·74			
	99·40			

„Die Sauerstoffproportionen sind daher für

$$RO, R_2O_3, SiO_2 = 1{\cdot}1 : 6 : 8{\cdot}9 \text{ oder } = 1 : 6 : 9,$$

woraus sich die Formel

$$2KaO, 3SiO_2 + 2Al_2O_3 . 3SiO_2$$

ergibt, das ist eine Verbindung von Kalitrisilikat mit Thonerde-Singulosilikat.

Die Aufschliessung für die Bestimmung der Alkalien geschah mit Fluor-Ammonium."

Man sieht, die Ergebnisse der Analyse nähern sich den Bestandtheilen und Verhältnissen gewisser Pinite und der Kaliglimmer, wie sie zur Vergleichung reichhaltig mein hochverehrter Freund Rammelsberg in seinem grossen Werke „Handbuch der Mineralchemie" zusammengestellt hat.

Für den Cordierit ist wohl jetzt die Mischung, wie sie Rammelsberg S. 768 angibt: 2 Atome Bisilikat von Magnesia und 1 Atom Singulosilikat von Thonerde (Eisenoxydul), allgemein angenommen, wie Berzelius sie aus dem von Fahlun schloss, und Scheerer für die allgemeine Cordierit-Mischung ausdehnte.

Es verdienen doch hier als Vergleichungspunkte die Ergebnisse der Analysen des Cordierits von Bodenmais (1) und von Fahlun (2) von Stromeyer mit vorgelegt zu werden.

	1.	2.
Kieselsäure . .	48·35	50·25
Thonerde . .	31·70	32·42
Eisenoxyd . .	9 24	4·45
Manganoxydul .	0·33	0·76
Magnesia . . .	10·16	10·85
Kali	0·59	Wasser 1·66
	100·37	100·39

Man sieht die Magnesia ist grösstentheils verschwunden und Kali an die Stelle derselben getreten.

„Der" die neuen Pseudomorphosen begleitende „Orthoklas enthält" nach Herrn Karl Ritter von Hauer „in 100 Theilen:

Kieselerde	69·60
Thonerde	17·16
Magnesia	0·64
Kali mit etwas Natron . .	12·60

Der Überschuss an Kieselerde rührt daher, weil viele kleine Kali-Quarzkörner in denselben eingesprengt sind."

Während ich mit der vorhergehenden Mittheilung beschäftigt war, kamen mir einige neuere Schriften zu, die doch auch eine Erwähnung erheischen, da sie sich auf Manches beziehen, wovon auch hier die Rede war. So zunächst in den Verhandlungen für die kaiserliche Gesellschaft zu St. Petersburg für die gesammte Mineralogie, Jahrgang 1862, die Abhandlung des Herrn E. Söchting zur Paragenesis des Glimmers (Seite 105), wo so vieler Pseudomorphosen des Glimmers nach mancherlei Mineralspecies gedacht wird, und namentlich in vielen Fällen der Bildung als Pseudomorphose das Wort gesprochen wird, gegen die als Einschluss namentlich unter anderen gegen gewisse Äusserungen des Herrn Delesse. Kurze Zeit darauf Quenstedt's wichtiges Handbuch der Mineralogie in der 2. Auflage 1863, etwas früher Descloizeaux classisches *Manuel de Minéralogie*. Wohl ist es erfreulich zu sehen, welchen grossen Aufschwung in dieser letzten Zeit die Kenntniss der Mineralkörper genommen hat, und wie jetzt unter der unternehmenden und kenntnissvollen Hand der Jüngeren sich die Wissenschaft so viel reicher gestaltet, als zur Zeit der wenigen noch aus dem früheren Zeitabschnitt übrigen „Alten". Dennoch wird man es, wenn man billig sein will, auch uns nicht verargen, wenn wir wünschen, nicht schon bei Lebenszeit zur Seite geschoben zu werden. Wenig erinnert man sich der Zeit selbst, in welche meine Mittheilungen, die ich oben erwähnte, fielen. Es muss mir doch wohl gestattet sein, ihrer in der hier gegebenen neuen Veranlassung nochmals zu gedenken. Ich könnte sehr viele Beispiele anführen, um diese Bemerkungen zu bekräftigen, namentlich aus dem in Beziehungen auf die Thatsachen selbst so vortrefflichen Werke des Herrn Descloizeaux, des Hauptes der gegenwärtig lebenden französischen Mineralogen.

Aber auch das Entgegengesetzte, eine übergrosse Pietät der Schule kann sein Äusserstes haben. Einen Fall dieser Art darf ich hier nicht mit Stillschweigen übergehen, und zwar ebenfalls aus Pietät, aber hier in der engsten Grenze der Vertheidigung und des Pflichtgefühles eingeschlossen. In Quenstedt's kurzer „Geschichte der Mineralogie", Seite 4 des Handbuches kommt die Stelle vor: „Doch ist sein (Mohs') Krystallsystem ganz dem von Weiss entnommen". Das ist eine dem wahren Sachverhalte gänzlich widersprechende Behauptung, man hätte sie nicht von einem Mineralogen von

Quenstedt's Kenntnissen erwartet, allenfalls zu erklären nur als fest gewordene Ansicht aus einer dem hohen Verdienste meines verewigten Lehrers Mohs wenig günstigen Partei, leider genährt durch die Animosität damaliger Zeit in den Häuptern der Methoden selbst. Gegen solche Anschuldigungen von Unehrlichkeit werde ich stets bereit sein, so lange eine gnädige Vorsehung mir das Leben auf dieser Erde schenkt, mich von Neuem zu erklären, so oft sie mir zur Kenntniss kommen. Wie ich in meinem „Handbuche der bestimmenden Mineralogie" S. 185 als meine Ansicht, geschöpft aus tiefer Kenntniss gemeinschaftlichen Lebens mit meinem verewigten Lehrer und klarer Erinnerung aussprach: „Mohs hat seine vier Krystallsysteme unabhängig aufgestellt, das Studium der Natur und Romé de l'Isles und Haüy's Werke zum Grunde legend, ohne von der Weissischen Arbeit Kenntniss zu haben". Gerechtigkeit liebende Mineralogen aller Schulen, welchen dieses Blatt vorliegt, werden nicht anstehen, es in ihren bezüglichen Schilderungen zu beachten.

Ich muss der hochgeehrten mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe freundliche Nachsicht und Entschuldigung mir erbitten, wenn ich hier in der Aufeinanderfolge verbundener Gedanken weit ab von dem ursprüglichen Gegenstande meiner Vorlage gekommen bin. Aber auf der andern Seite bin ich der wohlwollenden Aufnahme meiner Bemerkungen gewiss, in einem glänzenden Kreise, der so manchen Freund und Schüler des Verewigten mit einschliesst, die selbst sein Andenken in Ehren halten, und denen es gewiss nicht gleichgiltig sein kann, wenn in einer so summarischen Weise das Verdienst redlicher unabhängiger Entwickelung seiner Lehre unserem verewigten Freunde und Lehrer Friedrich Mohs abgesprochen wird.

Möchte doch die gereizte Stimmung früherer Zeiten sich allmählich dämpfen, und jene Milde und Mässigung immer mehr Platz gewinnen, welche sich so schön zur Begleitung der Ergebnisse redlicher Forschung und wahrer Wissenschaft eignet.

XXX. SITZUNG VOM 18. DECEMBER 1862.

Herr Prof. Dr. Joseph Herr übermittelt eine unter seiner Aufsicht von seinem Bruder, Herrn Moriz Herr mit Zugrundelegung von Argelander's Uranometrie, ausgeführte Sternkarte des nördlichen Himmels nebst einem Horizonte für die Polhöhe von Wien.

Herr Prof. R. Kner legt seine Untersuchungen über die sogenannten Spornschuppen und die Fettflossen der Fische vor, insbesondere mit Hinweisung auf die Gattung *Gonorhynchus*.

Herr Hofrath Prof. J. Hyrtl hält einen Vortrag über den Bau der Niere bei den Amphibien.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annalen der k. k. Sternwarte in Wien. Dritte Folge. XI. Band. Jahrgang 1861. Wien, 1862; 8°.

Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg. 16. Jahr. Neubrandenburg, 1862; 8°.

Austria. XIV. Jahrgang, L. Heft. Wien, 1862; gr. 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences. Tome LV. Nr. 21. Paris, 1862; 4°.

Cosmos. XIe Année, 21e Volume, 24e Livraison. Paris, 1862; 8°.

Gesellschaft, Deutsche geologische. Zeitschrift. XIV. Band, 2. Heft. Berlin, 1862; 8°.

Gewerbe-Verein, nieder-österreich. Verhandlungen. Jahrgang 1862, 11. Heft. Wien, 1862; 8°.

Meteorologische Beobachtungen an der Wiener Sternwarte von 1775 — 1855. III. Band. 1810—1822. Wien, 1862; 8°.

Saussure, Henri de, Coup d'oeil sur l'hydrologie du Méxique, principalement de la partie orientale accompagné de quelques observations sur la nature physique de ce pays. Ire Partie. Genève, 1862; 8°.

Sella, Quintino, Sul modo di fare la carta geologica del regno d'Italia. (Estr. dagli Atti della Società Ital. di Sc. nat. in Milano. Vol. IV.) Milano, 1862; 8°.

Society, The Asiatic—, of Bengal. Journal. N. S. Nr. II. 1862. Calcutta, 1862; 8°.

— The Natural History—, of Montreal: The Canadian Naturalist & Geologist. Vol. VII, Nr. 5. Montreal, London, Paris & New-York, 1862; 8°.

Verein, Siebenbürgischer Museum-, Kalender für das g. J. 1863. Klausenburg, 1862; 8°.

Wiener medicinische Wochenschrift. XII. Jahrg. Nr. 50. Wien, 1862; 4°.

Wolf, Ferdinand, Le Brésil littéraire. Histoire de la littérature Brésilienne suivie d'un choix de morceaux tirés des meilleurs auteurs Brésiliens. Berlin, 1863; 8°.

Zeitschrift, für Fotografie und Stereoskopie. III. Jahrgang. Nr. 11—16. Wien, 1862; 8°.

Die jedem Fachmanne bekannten, bei der raschen Entwickelung der Wissenschaft von Jahr zu Jahr sich steigernden Unzukömmlichkeiten, welche mit der cumulativen Herausgabe von Abhandlungen verbunden sind, die sich auf sämmtliche naturwissenschaftliche Fächer beziehen, haben die mathematisch-naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften bestimmt, ihre Sitzungsberichte in zwei gesonderten Abtheilungen erscheinen zu lassen.

Die **erste Abtheilung** enthält die Abhandlungen aus der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Anatomie, Geologie und Paläontologie; die **zweite Abtheilung** die aus der Mathematik, Physik, Chemie, Physiologie, Meteorologie, physischen Geographie und Astronomie.

Von jeder dieser Abtheilungen erscheint jeden Monat mit Ausnahme von August und September ein Heft, welches drei Sitzungen umfasst. Der Jahrgang enthält somit zehn Hefte.

Dem Berichte über jede Sitzung geht eine vollständige Übersicht aller in derselben vorgelegten Abhandlungen voran, selbst wenn diese nicht zur Aufnahme in die Schriften der Akademie bestimmt werden.

Der Preis des Jahrganges beträgt für eine Abtheilung 12 Gulden ö. W.

Von allen grösseren Abhandlungen kommen Separatabdrücke in den Buchhandel und sind durch die akademische Buchhandlung Karl Gerold's Sohn zu beziehen.

This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.

A fine of five cents a day is incurred by retaining it beyond the specified time.

Please return promptly.

2044 091 156 455